

**PERTUMBUHAN POPULASI DAN PERKEMBANGAN  
*Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae)  
PADA BERAS PUTIH, MERAH, DAN HITAM DALAM  
BERBAGAI PROPORSI BUTIRAN UTUH DAN PATAH**

Oleh  
**NUR MAULIDIYA RIZQOH**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
MALANG  
2018**

**PERTUMBUHAN POPULASI DAN PERKEMBANGAN  
*Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae)  
PADA BERAS PUTIH, MERAH, DAN HITAM DALAM  
BERBAGAI PROPORSI BUTIRAN UTUH DAN PATAH**

**OLEH**

**NUR MAULIDIYA RIZQOH**

**145040200111002**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

**MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN  
MALANG  
2018**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Juli 2018

Nur Maulidiya Rizqoh



## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Pertumbuhan Populasi dan Perkembangan *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah

Nama Mahasiswa : Nur Maulidiya Rizqoh

NIM : 145040200111002

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.  
NIP. 19551018 198601 2 001

Pembimbing Pendamping II,

Tita Widjayanti, SP., M.Si.  
NIK. 201304 870819 2 001

Diketahui,

Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan



Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.  
NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan:

## LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan  
MAJELIS PENGUJI

Penguji I,

Penguji II,



Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, MS.  
NIP. 19550821 198002 1 002



Tita Widjayanti, SP., M.Si.  
NIK. 201304 870819 2 001

Penguji III,

Penguji IV,



Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.  
NIP. 19551018 198601 2 001



Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.  
NIP. 19550403 198303 1 003

Tanggal Lulus: 02 AUG 2019



## RINGKASAN

**Nur Maulidiya Rizqoh. 145040200111002. Pertumbuhan Populasi dan Perkembangan *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah. Dibawah bimbingan Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. dan Tita Widjayanti, SP., M.Si.**

---

Beras merupakan salah satu sumber makanan utama bagi mayoritas penduduk dunia dan produk pertanian penting di Indonesia. Ketersediaan pangan yang cukup harus didukung oleh adanya surplus beras sebagai cadangan bahan pangan. Penurunan kualitas dan kerusakan komoditi pangan termasuk beras dapat disebabkan oleh berbagai jenis hama pascapanen. Salah satu serangga hama pascapanen yang penting dan dapat menimbulkan kerusakan pada beras adalah *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae). Pengaruh jenis dan proporsi bentuk fisik butiran beras terhadap pertumbuhan populasi dan perkembangan *T. castaneum* masih belum banyak diketahui, sehingga penelitian mengenai pertumbuhan populasi dan perkembangan hama gudang *T. castaneum* pada berbagai jenis dan proporsi bentuk beras perlu dikaji. Pengetahuan tentang pertumbuhan populasi dan perkembangan *T. castaneum* akan memberikan informasi dalam pengelolaan hama di tempat penyimpanan.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai Juni 2018 di Laboratorium Hama Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Serangga *T. castaneum* diperoleh dari koleksi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Beras yang digunakan dalam penelitian adalah beras putih organik varietas IR 64, beras merah organik varietas Aek Sibundong, dan beras hitam organik varietas Hare Kwa. Penelitian terdiri dari lima belas perlakuan dengan proporsi bentuk butiran setiap jenis beras yang berbeda, meliputi proporsi 100% utuh, 75% utuh dan 25% patah, 50% utuh dan 50% patah, 25% utuh dan 75% patah, serta 100% patah. Penelitian pertumbuhan populasi dilakukan dengan menggunakan tabung kaca (d=6,5 cm, t=9,5 cm) yang diisi dengan 30 g pakan sesuai perlakuan, selanjutnya diinfestasi 15 pasang imago umur 1 hingga 2 minggu hasil perbanyakan di laboratorium. Penelitian perkembangan dilakukan dengan menggunakan tabung kecil (d=3 cm, t=3 cm) yang diisi dengan 3 g pakan sesuai perlakuan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan populasi dan perkembangan *T. castaneum* lebih sesuai pada beras merah dan hitam dengan proporsi 100% butiran patah dan 75%, 50%, serta 25% butiran patah yang dikombinasi dengan butiran utuh. Kemampuan serangga *T. castaneum* untuk merusak butiran utuh sangat rendah dan sebaliknya, dapat bereproduksi dengan cepat pada butiran pecah. Kandungan karbohidrat yang terlalu tinggi pada beras putih butiran utuh (79,93%) dan patah (78,37%) diduga dapat menyebabkan keracunan bagi serangga (Patton, 1963). Nutrisi yang dibutuhkan serangga meliputi asam amino, vitamin, garam mineral, karbohidrat, lipid, serta sterol, seharusnya dalam kondisi yang seimbang, khususnya rasio kandungan protein dan karbohidrat (Parra, 2012).

## SUMMARY

**Nur Maulidiya Rizqoh. 145040200111002. Population Growth and Development of *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) on White, Red, and Black Rice in Various Whole and Broken Grain Proportions. Supervised by Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. dan Tita Widjayanti, SP., M.Si.**

---

Rice is the main staple food for most people around the world and one of the most important agricultural product in Indonesia. Various types of stored product pests can cause quality loss and commodities damage including rice. One of the stored product pests which are harmful and can cause the damage to rice is *Tribolium castaneum* Herbst. (Coleoptera: Tenebrionidae). There are not many reports on the effect of rice type and physical grain proportion to the growth and development of *T. castaneum*. Therefore, research on the population growth and development of *T. castaneum* on different types and the proportions of the structure of rice needs to be examined. Knowledge about population growth and development of *T. castaneum* will provide information in the management of pests in storage.

The research was conducted from January to June 2018 at the Laboratory of Plant Pest, Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, University of Brawijaya. *T. castaneum* culture was obtained from the collection of the Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, University of Brawijaya. Rice used in this research was the organic white rice IR64 varieties, organic red rice Aek Sibundong varieties, and organic black rice Hare Kwa varieties. The research consists of fifteen treatments, and each rice types was prepared in 100% whole, 75% whole and 25% broken grain, 50% whole and 50% broken grain, 25% whole and 75% broken grain, and 100% broken grain proportions. The population growth observation using a glass tube (d= 6.5 cm, t= 9.5 cm) filled with 30 g of diets, and infested with 15 pairs of adults 1-2 weeks old were reared in a laboratory. The development observation using a small tube (d= 3 cm, t= 3 cm) filled with 3 g diets in each treatment.

The results showed that population growth and development of *T. castaneum* was more suitable in red and black rice with broken grains of either 100%, 75%, 50% or 25% proportions which combined with whole grains. The ability of insects to damage whole grains is meagre and can reproduce quickly in damaged grains or products. Carbohydrate content that was too high in whole grain (79,93%) and broken grains (78,37%) may become a toxin to the insect (Patton, 1963). Nutritional needs of insects include amino acids, vitamins, carbohydrate, minerals, lipids, and protein, should be in a balanced condition, especially the ratio of protein and carbohydrate content (Parra, 2012).

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena dengan limpahan rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pertumbuhan Populasi dan Perkembangan *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) pada Beras Putih, Merah dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah”. Penelitian dimulai dari bulan Januari hingga Juni 2018.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku dosen pembimbing utama dan Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya serta Ibu Tita Widjayanti, SP., M.Si. selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ayah, Ibu, dan kakak-kakak tercinta yang telah mendoakan dengan tulus dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.
3. Semua pihak yang telah memberikan dukungan dan membantu penulis yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis berharap hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi penulis dan banyak pihak serta dapat memberikan informasi positif khususnya di bidang pertanian.

Malang, Juli 2018

Penulis



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Malang pada tanggal 23 November 1995 sebagai putri terakhir dari Bapak Mochammad Zuhri dan Ibu Siti Rukkiyah. Penulis mempunyai satu saudara laki-laki dan 3 saudari perempuan.

Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di MI Bustanul Ulum Kota Batu dan lulus tahun 2008. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan studi di MTsM. Hasyim Asy'ari Kota Batu dan lulus pada tahun 2011. Setelah itu penulis melanjutkan studi ke SMA Negeri 1 Batu dan lulus pada tahun 2014, kemudian penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Program Studi Agroekoteknologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa Fakultas Pertanian, penulis pernah menjadi asisten mata kuliah Dasar Perlindungan Tanaman selama tiga periode, Hama dan Penyakit Penting Tumbuhan, Manajemen Hama dan Penyakit Terpadu, dan Pertanian Berlanjut. Penulis merupakan mahasiswa penerima beasiswa Bidikmisi pada tahun 2014-2018. Penulis pernah melakukan kegiatan magang di PG. Kebon Agung Kabupaten Malang.

Penulis aktif dalam kegiatan organisasi kemahasiswaan. Penulis pernah menjadi Kepala Departemen Penelitian dan Pengembangan (Litbang) *Center for Agriculture Development Studies* (CADS) pada tahun 2016. Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan yaitu sebagai Bendahara *2 Plant Protection Olympiad* 2017, Anggota Divisi Pendamping POSTER 2016, Anggota Divisi Acara Pengabdian Masyarakat CADS 2015, serta Sekretaris Diklat Anggota Muda CADS 2016.

Penulis pernah meraih sejumlah penghargaan yaitu Juara 2 Lomba Cerdas Tepat dalam Jambore Perlindungan Tanaman Indonesia (JPTI) di Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 2017, Juara 1 Lomba Cerdas Cermat dalam *Plant Protection Day* (PPD) di Universitas Padjajaran Bandung tahun 2017, Finalis Lomba Cerdas Cermat dalam *Plant Protection Olympiad* (PPO) di Universitas Brawijaya Malang tahun 2017, serta penerima pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa bidang Penelitian (PKM-PE) DIKTI tahun 2016.

## DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN .....	i
SUMMARY .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
RIWAYAT HIDUP .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
I. PENDAHULUAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Latar Belakang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Tujuan Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Hipotesis Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Manfaat Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Klasifikasi Hama <i>T. castaneum</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Bioekologi Hama <i>T. castaneum</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3 Arti Penting Hama <i>T. castaneum</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4 Pengaruh Bentuk Fisik dan Kimia Pakan terhadap Kehidupan Serangga .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5 Deskripsi Beras .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
III. METODE PELAKSANAAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2 Alat dan Bahan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3 Metode Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.1 Persiapan penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.2 Pelaksanaan Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4 Analisis Data .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.1 Pertumbuhan Populasi <i>T. castaneum</i> pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

4.1.2 Perkembangan <i>T. castaneum</i> pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2 Pembahasan Umum.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1 Kesimpulan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2 Saran.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR PUSTAKA .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LAMPIRAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>



## DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Perlakuan Proporsi Struktur Pakan Beras pada Penelitian Pertumbuhan Populasi dan Perkembangan <i>T. castaneum</i> ..... <b>Error!</b> <b>Bookmark not defined.</b>	
2.	Mortalitas Imago <i>T. castaneum</i> yang Diinfestasikan pada Pakan. <b>Error!</b> <b>Bookmark not defined.</b>	
3.	Rerata Jumlah Telur <i>T. castaneum</i> pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah..... <b>Error!</b> <b>Bookmark not defined.</b>	
4.	Rerata Jumlah Larva <i>T. castaneum</i> pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah..... <b>Error!</b> <b>Bookmark not defined.</b>	
5.	Rerata Jumlah Pupa <i>T. castaneum</i> pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah..... <b>Error!</b> <b>Bookmark not defined.</b>	
6.	Rerata Jumlah Imago Baru <i>T. castaneum</i> pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
7.	Rerata Stadium Telur <i>T. castaneum</i> pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah..... <b>Error!</b> <b>Bookmark not defined.</b>	
8.	Rerata Larva <i>T. castaneum</i> pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah ..... <b>Error! Bookmark</b> <b>not defined.</b>	
9.	Rerata Stadium Pupa <i>T. castaneum</i> pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah..... <b>Error!</b> <b>Bookmark not defined.</b>	
10.	Rerata Lama Praoviposisi <i>T. castaneum</i> pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
11.	Siklus Hidup <i>T. castaneum</i> pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah ..... <b>Error! Bookmark</b> <b>not defined.</b>	

## Lampiran

1. Analisis Ragam Mortalitas Imago Infestasi pada Berbagai Pakan **Error! Bookmark not defined.**
2. Analisis Ragam Jumlah Telur *T. castaneum* pada Berbagai Pakan .....**Error! Bookmark not defined.**
3. Analisis Ragam Jumlah Larva *T. castaneum* pada Berbagai Pakan .....**Error! Bookmark not defined.**
4. Analisis Ragam Jumlah Pupa *T. castaneum* pada Berbagai Pakan**Error! Bookmark not defined.**
5. Analisis Ragam Jumlah Imago Baru *T. castaneum* pada Berbagai Pakan .....**Error! Bookmark not defined.**
6. Analisis Ragam Lama Stadium Telur *T. castaneum* pada Berbagai Pakan .....**Error! Bookmark not defined.**
7. Analisis Ragam Lama Stadium Larva *T. castaneum* pada Berbagai Pakan .....**Error! Bookmark not defined.**
8. Analisis Ragam Lama Stadium Pupa *T. castaneum* pada Berbagai Pakan .....**Error! Bookmark not defined.**
9. Analisis Ragam Lama Praoviposisi *T. castaneum* pada Berbagai Pakan .....**Error! Bookmark not defined.**
10. Analisis Ragam Lama Siklus Hidup *T. castaneum* pada Berbagai Pakan .....**Error! Bookmark not defined.**
11. Hasil Analisis Proksimat Pakan.....**Error! Bookmark not defined.**
12. Rerata Hasil Analisis Fenolik Pakan .....**Error! Bookmark not defined.**
13. Suhu dan Kelembapan Nisbi Harian di Laboratorium Hama Tumbuhan pada Tanggal 12 Februari-25 Juni 2017...**Error! Bookmark not defined.**



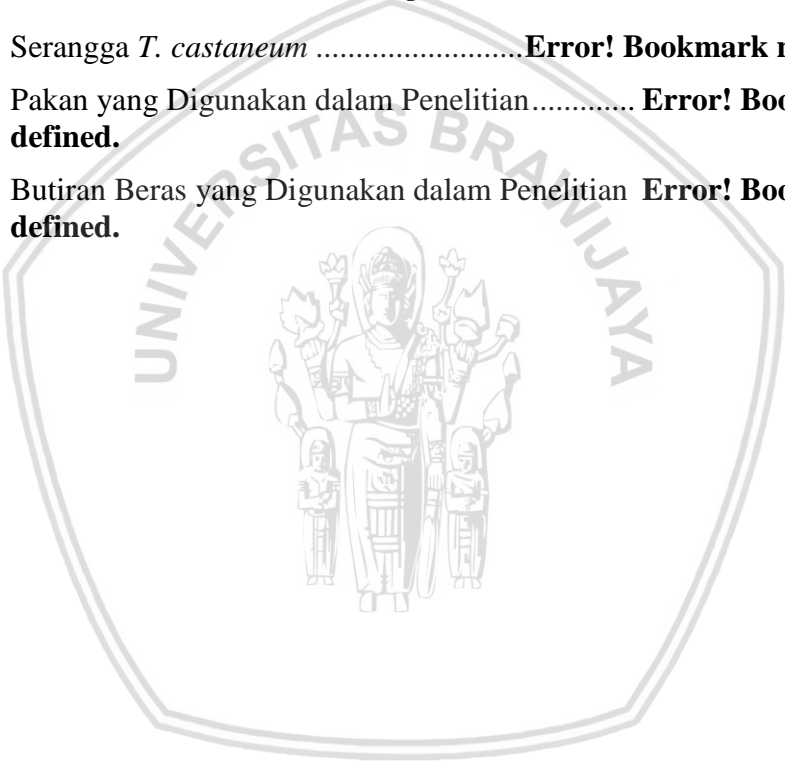


# DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Telur <i>T. castaneum</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.	Larva <i>T. castaneum</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.	Genetalia Pupa <i>T. castaneum</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.	Imago <i>Tribolium</i> spp. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.	Bentuk Kerusakan pada Biji Almond oleh <i>T. castaneum</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## Lampiran

1.	Serangga <i>T. castaneum</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.	Pakan yang Digunakan dalam Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.	Butiran Beras yang Digunakan dalam Penelitian	<b>Error! Bookmark not defined.</b>



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beras merupakan salah satu bahan pangan pokok bagi mayoritas penduduk dunia seperti benua Asia, Afrika, dan Amerika Latin (Heinrichs, 1994; Kamara *et al.*, 2014). Beras mengandung sekitar 80% kalori untuk dua miliar orang Asia dan sepertiga asupan kalori untuk satu miliar orang di Afrika (Heinrichs, 1994). Beras menjadi produk pertanian penting di Indonesia (Panuju *et al.*, 2013). Tiga jenis beras yang banyak diketahui di Indonesia adalah beras putih, merah, dan hitam (Batubara *et al.*, 2017). Permintaan beras hitam dan merah terus meningkat karena bermanfaat bagi kesehatan. Beras hitam dan merah memiliki kandungan protein, vitamin, dan mineral yang lebih tinggi dibandingkan dengan beras putih (Sompong *et al.*, 2011).

Ketersediaan pangan yang cukup harus didukung oleh adanya surplus beras sebagai cadangan pangan. Pengelolaan cadangan beras ini diamanatkan oleh pemerintah kepada Perum Bulog. Beras yang masuk ke Perum Bulog harus memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh pemerintah melalui Instruksi Presiden Nomor 3 Tahun 2012. Kualitas beras yang ditetapkan oleh Inpres tersebut adalah maksimal butir patah 20%, maksimal butir menir 2%, serta minimal derajat sosoh beras 95% (Ratnawati *et al.*, 2013). Karakter beras yang dijual di pasaran akan memengaruhi preferensi beras yang dibeli konsumen. Semakin baik karakter beras, maka akan semakin disukai konsumen serta memengaruhi nilai jual di pasaran (Wibowo *et al.*, 2009).

Resiko penurunan kualitas dan kuantitas beras dapat disebabkan oleh kondisi fisik dan biokimia dari lingkungan produksi, pengolahan, penyimpanan, dan penanganan pascapanen (Kamara *et al.*, 2014). Penurunan kualitas dan kerusakan komoditi pangan juga dapat disebabkan oleh berbagai jenis hama gudang atau hama pascapanen. Hama gudang memanfaatkan bahan simpanan termasuk beras sebagai sumber pakan dan sebagai habitat yang relatif aman untuk hidup dan berkembang biak (Bulog, 2012).

Hama pascapanen dapat mengakibatkan kehilangan hasil di penyimpanan hingga 10%, sedangkan pada beberapa negara tropis dan subtropis kehilangan hasil dapat mencapai 50% (Wilbur, 1971; Sjam, 2014). Hama pascapanen dapat

menimbulkan kerusakan langsung maupun tidak langsung (Kumawat dan Naga, 2013). Hama pascapanen juga dapat menyebabkan bahan pangan tercemar senyawa kimia yang membahayakan konsumen, salah satunya yang disebabkan oleh serangga *Tribolium castaneum* Herbst. (Coleoptera: Tenebrionidae). Serangga *T. castaneum* mengeluarkan ekskresi yang mengandung senyawa *benzoquinone* yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia (Unruha *et al.*, 1998; Lis *et al.*, 2011; Bulog, 2012).

Serangga *T. castaneum* merupakan hama sekunder yang menginfestasi butiran rusak baik karena hasil infestasi hama primer maupun pengelolaan secara mekanis (Bulog, 2012). Serangga *T. castaneum* merupakan salah satu hama pascapanen yang bersifat kosmopolit (Fedina dan Lewis, 2007). Hama tersebut merupakan hama penyimpanan yang serius dan penting pada semua bahan makanan berbentuk tepung dan sereal seperti tepung jagung, sorghum, gandum, beras, dan *millet* (Turaki *et al.*, 2007).

Pertumbuhan dan perkembangan serangga dapat dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, dan pakan (Subramanyam dan Hagstrum, 1993). Kondisi pakan dapat dipengaruhi oleh faktor fisik dan kimia. Kondisi fisik pakan meliputi kekerasan biji, ukuran biji, dan ketebalan kulit biji (Sjam, 2014). Faktor kimia pakan ialah kandungan nutrisi yang dimiliki oleh setiap jenis pakan (Hendriyal *et al.*, 2016).

Berbagai jenis beras terus dikembangkan di Indonesia. Setiap jenis dan varietas beras mempunyai sifat genetik yang beragam dengan karakteristik fisik dan kandungan nutrisi yang berbeda (Romdon *et al.*, 2014). Berbagai fenomena pasar di lapang mengenai campuran beras utuh dan patah dalam berbagai proporsi juga sering terjadi dan akan memengaruhi tingkat serangan *T. castaneum*. Pengaruh jenis dan proporsi bentuk fisik beras terhadap pertumbuhan populasi dan perkembangan *T. castaneum* masih belum banyak diketahui, sehingga penelitian mengenai hal tersebut pada berbagai jenis dan proporsi bentuk fisik beras perlu dikaji. Pengetahuan tentang pertumbuhan populasi dan perkembangan *T. castaneum* akan memberikan informasi dalam pengelolaan hama pascapanen di tempat penyimpanan.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pertumbuhan populasi dan perkembangan hama *T. castaneum* pada beras putih, merah, dan hitam dalam kondisi biji butiran utuh serta biji patah dengan proporsi bentuk butiran yang berbeda.

## 1.3 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah pertumbuhan populasi dan perkembangan hama *T. castaneum* lebih sesuai pada beras hitam dengan proporsi 100% butiran patah dibandingkan dengan beras putih, merah, dan hitam dengan proporsi 100% butiran utuh, 75% butiran utuh dan 25% butiran patah, 50% butiran utuh dan 50% butiran patah, 25% butiran utuh dan 75% butiran patah, serta beras putih dan beras merah dengan proporsi 100% butiran patah.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pengetahuan mengenai pertumbuhan populasi dan perkembangan hama *T. castaneum* pada tiga jenis beras dalam berbagai proporsi butiran utuh dan patah, sehingga dapat digunakan sebagai dasar kegiatan pengelolaan dan pengendalian hama *T. castaneum* pada beras di tempat penyimpanan.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

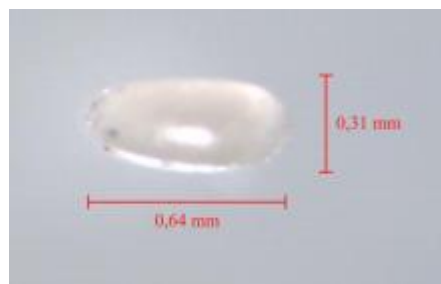
### 2.1 Klasifikasi Hama *T. castaneum*

Serangga hama *T. castaneum* dikenal dengan sebutan kumbang tepung merah atau *rust red flour beetle* (Rees, 2007). Serangga hama *T. castaneum* mempunyai nama sinonim *T. ferrugineum* Fabricius dan *T. navale* Fabricius (Hagstrum dan Subramanyam, 2009). Serangga hama ini termasuk ke dalam Kingdom: Animalia, Filum: Arthropoda, Subfilum: Hexapoda, Kelas: Insekta, Subkelas: Pterygota, Ordo: Coleoptera, Superfamili: Tenebrinoidea, Famili: Tenebrionidae, Genus: Tribolium, dan Spesies *T. castaneum* (Herbst.) (Singh dan Prakash, 2015).

### 2.2 Bioekologi Hama *T. castaneum*

Siklus hidup hama *T. castaneum* berlangsung selama 19 sampai 20 hari pada kondisi optimum, pada suhu 35-37,5°C dan RH lebih dari 70% (Mahroof dan Hagstrum, 2012). Serangga *T. castaneum* dapat hidup dalam kisaran suhu 22-40°C dan RH lebih dari 1% (Rees, 2004). Apabila pakan sudah habis dan kondisi lingkungan tidak menunjang, *T. castaneum* akan cepat berpindah ke tempat yang lain (Bulog, 2012). Serangga hama *T. castaneum* bermetamorfosis sempurna (holometabola) yang berkembang melalui fase telur, larva, pupa dan dewasa (imago) (White, 1998).

**Telur.** Telur berkembang dalam ovarium serangga betina dan diletakkan ditempat yang baik dan sesuai untuk perkembangan telur (Gambar 1). Telur diletakkan acak secara berkelompok maupun tunggal diantara pakan dan menetas setelah beberapa hari (White, 1998; Rees, 2004). Telur berwarna putih, berukuran kecil (mikroskopis), serta biasanya terdapat banyak butiran tepung yang menempel pada telur (Baldwin dan Fasulo, 2016). Telur berbentuk lonjong berwarna putih keruh dan panjang sekitar 0,42 mm (Wagiman, 2014; Bhubaneswari dan Victoria, 2015). Serangga betina dapat meletakkan telur hingga 900 telur pada suhu 32°C. Telur menetas dalam tiga hingga empat hari pada lingkungan yang optimum untuk pertumbuhan maupun perkembangannya dengan suhu 25°C-30°C dan dua hingga tiga hari pada suhu 35°C dan RH 75% (Hill, 2003; Sjam, 2014; Bhubaneswari dan Victoria, 2015).



Gambar 1. Telur *T. castaneum* (Prabowo, 2017)

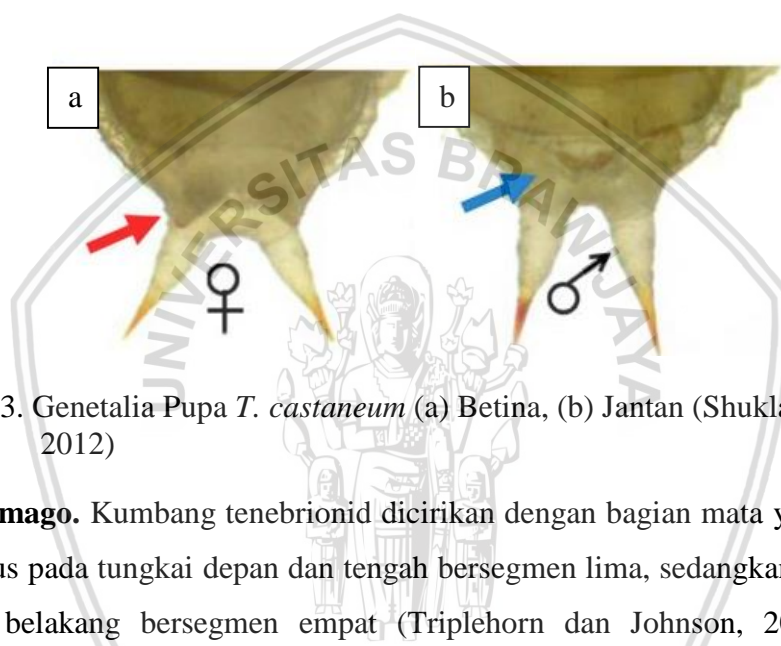
**Larva.** Larva *T. castaneum* berwarna coklat muda dan panjang tubuh pada pertumbuhan penuh mencapai 5-10 mm. Larva berbentuk *elateriform* dengan ciri-ciri berbentuk silinder panjang dengan kutikula kasar, bertungkai pendek dan bertungkai tiga pasang, dan aktif bergerak pada bahan simpanan, serta memiliki *urogomphi* (tonjolan runcing) pada ruas terakhir abdomen (Gambar 2). Hama *T. castaneum* juga dapat bersifat kanibal antara larva dan telur atau imago (Hill, 2003; Rees, 2004; Wagiman, 2014). Jumlah instar larva bermacam-macam, sekitar 5-10 instar. Pada pakan yang sesuai, jumlah instar pada larva ada 7 hingga 8 instar. Larva instar akhir berusaha untuk mencapai permukaan bahan simpanan atau mencari perlindungan sebelum pupasi. Stadia larva berlangsung sekitar 13 hari pada kondisi lingkungan yang optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan hama *T. castaneum* dengan suhu 35°C dan RH 75%. Pada kondisi lingkungan dan pakan yang kurang optimum, perkembangan larva dapat mencapai hingga 30 hari (Wilbur, 1971; Hill, 2003; Sjam, 2014). Larva *T. castaneum* secara normal mengandung banyak air dari proses oksidasi pakan, khususnya pada kelembapan yang rendah (Chapman, 2013).



Gambar 2. Larva *T. castaneum* (Wulansari, 2018)

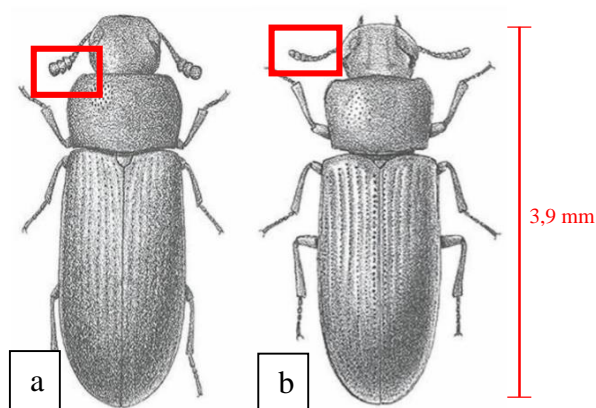
**Pupa.** Pupa hama *T. castaneum* berwarna putih kekuning-kuningan bertipe bebas (*exarate*) dan berukuran sekitar 3,5 mm (Hagstrum, 2012; Wagiman, 2014).

Pupa akan berkembang secara sempurna selama 4-5 hari pada suhu 35°C dan RH 75% (Hill, 2003). Pupa betina *T. castaneum* memiliki dua *papillae* di bagian belakang distal abdomen yang membedakan dengan serangga jantan. Organ genitalia pupa digunakan untuk membedakan serangga jantan dan betina (Hagstrum, 2012). Serangga jantan memiliki organ genitalia pupa (*papillae*) berbentuk menyerupai ujung jari dan berukuran lebih kecil dibandingkan dengan *papillae* pada pupa betina. Pupa betina memiliki *papillae* dengan bentuk menyerupai dua jari (Gambar 3) (Sreeramoju *et al.*, 2016).



Gambar 3. Genetalia Pupa *T. castaneum* (a) Betina, (b) Jantan (Shukla dan Palli, 2012)

**Imago.** Kumbang tenebrionid dicirikan dengan bagian mata yang terbelah dan tarsus pada tungkai depan dan tengah bersegmen lima, sedangkan tarsus pada tungkai belakang bersegmen empat (Triplehorn dan Johnson, 2005). Imago *T. castaneum* (*Rust-Red Flour Beetle*) berwarna coklat kemerahan dan bertubuh pipih. Kumbang *T. castaneum* dapat dibedakan dengan *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) dari bentuk antenna. Antena pada *T. castaneum* membesar secara tiba-tiba (*capitate*) pada tiga ruas terakhir, sedangkan antena pada *T. confusum* membesar secara berangsur-angsur (*gradually*) pada tiga ruas terakhir (Gambar 4) (Bousquet, 1990; Rees, 2004; Sjam, 2014). Imago *T. castaneum* dapat hidup beberapa bulan hingga beberapa tahun (Mahroof dan Hagstrum, 2014). Kumbang *T. castaneum* bersayap dan dapat terbang dengan baik (Hill, 2003).



Gambar 4. Imago *Tribolium* spp. (a) *T. castaneum*, (b) *T. confusum* (Baldwin dan Fasulo, 2016)

Imago betina *T. castaneum* meletakkan telur 2-11 telur setiap harinya selama beberapa bulan bahkan beberapa tahun (Hill, 2003). Serangga betina dapat bertelur dengan mudah ketika bersentuhan langsung dengan pakan tepung. Hal tersebut menunjukkan bahwa pakan mempengaruhi oviposisi serangga betina *T. castaneum* (Xue *et al.*, 2010). Oviposisi serangga betina dapat dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan. Tingkat oviposisi menurun pada kondisi kering pada suhu 29°C dan RH 15%. Beberapa faktor lain yang memengaruhi oviposisi *T. castaneum* adalah kanibalisme telur, kepadatan populasi, dan adanya senyawa *quinone* (Sonleitner dan Guthrie, 1991).

### 2.3 Arti Penting Hama *T. castaneum*

Kumbang *T. castaneum* merupakan hama penting pada produk olahan seperti tepung dan produk sereal yang dapat menyebar dengan cepat pada kondisi yang relatif sesuai untuk perkembangan serangga. Kumbang ini dapat menyerang biji utuh terutama jika kadar air tinggi, tetapi lebih menyukai biji yang telah rusak. Jenis dan nilai gizi bahan simpanan secara signifikan dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan populasi *T. castaneum*. Infestasi serangga yang tinggi dapat meningkatkan kerusakan pada beberapa produk simpanan (Bousquet, 1990; Ahmad *et al.*, 2011; Dukic *et al.*, 2016). Bahan simpanan yang sering diserang yaitu beras butiran patah dan menir (Bulog, 2012). Kumbang *T. castaneum* menyerang pada produk simpanan baik berupa benih maupun olahan bahan simpanan. Infestasi dari serangga ini menyebabkan bau tidak sedap pada komoditas

akibat sekresi *benzoquinone* dari kelenjar abdomen (Rees, 2004). *Benzoquinone* yang disekresikan oleh *T. castaneum* memiliki potensi efek toksik pada manusia maupun hewan. Efek tersebut dapat terjadi secara langsung atau tidak langsung dimana setelah serangkaian transformasi enzimatik selama proses metabolisme, *benzoquinone* menjadi metabolit sekunder benzena yang dapat menekan aktifitas sel dan jaringan tubuh, serta menyebabkan perubahan karsinogenik (Lis *et al.*, 2011).

Serangga *T. castaneum* merupakan salah satu hama pascapanen yang bersifat kosmopolit, artinya hama ini memiliki persebaran yang luas dan dapat ditemukan diseluruh belahan dunia. Hama *T. castaneum* dapat menginfestasi bahan simpanan berupa sereal yang telah dihaluskan, pakan ternak dan makanan olahan. Hama *T. castaneum* sulit menginfestasi bahan simpanan berupa bulir utuh. Pada tingkat infestasi yang tinggi, hama *T. castaneum* dapat mengakibatkan perubahan warna pada bahan simpanan serta menimbulkan aroma yang tidak sedap. Tingkat infestasi yang tinggi pada bahan simpanan juga dapat mengakibatkan terjadinya kontaminasi pada bahan simpanan akibat adanya telur, larva, pupa, sisa kulit (*exuviae*) dan kotoran dari hama *T. castaneum* (Wilbur, 1971; Fedina dan Lewis, 2007; Bulog, 2012). Imago dan larva *T. castaneum* menginfestasi beragam produk simpanan. Pada saat ini hama *T. castaneum* dapat ditemukan di seluruh daerah beriklim tropis, subtropis dan daerah bersuhu sedang (Bousquet, 1990).

Hama *T. castaneum* juga menjadi hama utama di dunia pada berbagai bahan simpanan yang menyebabkan kerugian secara ekonomi yang sangat besar. Populasi hama ini sudah tercatat pada beberapa produk simpanan. Berbagai jenis produk termasuk sereal, berbagai jenis kacang, rempah-rempah, kopi, coklat, dan buah kering dapat diinfestasi oleh hama tersebut. Tepung dan produk giling adalah pakan yang sering dipilih oleh *T. castaneum*. Imago dan larva *T. castaneum* menginfestasi bahan simpanan dengan masuk dan menembus ke dalam produk simpanan (Gambar 5) (Hill, 2014).





Gambar 5. Bentuk Kerusakan pada Biji Almond oleh *T. castaneum* (Pires *et al.*, 2017)

#### 2.4 Pengaruh Bentuk Fisik dan Kimia Pakan terhadap Kehidupan Serangga

Pakan dalam simpanan merupakan faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan serangga serta dalam memilih sumber pakan, tempat berlindung dan bertelur. Hubungan antara serangga dewasa dan pakan sebagai inang dipengaruhi oleh faktor fisik dan kimiawi. Faktor kimiawi merupakan faktor yang dominan. Faktor-faktor ini dapat mempengaruhi penemuan inang, perilaku kawin, perilaku peletakan telur, perilaku makan dan kelangsungan hidup dari imago (Sjam, 2014).

Faktor fisik yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan hama pascapanen pada biji-bijian adalah kekerasan biji, kekasaran permukaan biji, ketebalan kulit biji dan ukuran biji. Hama gudang *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae) lebih menyukai kulit biji yang halus dan licin untuk peletakan telur dibandingkan dengan kulit biji yang kasar. Beberapa hama gudang lainnya juga lebih memilih bentuk fisik tertentu yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangannya (Sjam, 2014). Faktor fisik pakan pada serangga adalah tekstur, viskositas, homogenitas, kapasitas panas spesifik, dan berbagai kualitas lainnya berkaitan dengan kimia dan komponen pakan serangga (Cohen, 2015). Serangga *T. castaneum* merupakan hama sekunder yang lebih suka pada butiran tepung dibandingkan dengan butiran utuh (Turaki *et al.*, 2007). Pertumbuhan dan perkembangan populasi *T. castaneum* secara signifikan lebih baik tumbuh dan berkembang pada butiran yang rusak dibandingkan dengan butiran utuh (Shafique *et al.*, 2006).

Senyawa kimia pakan dapat berupa nutrisi dan bukan nutrisi. Senyawa kimia yang bersifat nutrisi adalah senyawa-senyawa yang dibutuhkan untuk proses pertumbuhan dan perkembangan hama pascapanen, sedangkan yang bukan nutrisi adalah senyawa kimia yang dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan hama pascapanen. Nutrisi tanaman merupakan penentu serangga memilih suatu tanaman atau produk pertanian sebagai suatu pakan atau inang untuk tempat pertumbuhan maupun perkembangan (Sjam, 2014). Kebutuhan nutrisi serangga dapat berubah-ubah sesuai dengan pertumbuhan, reproduksi, diapause dan migrasi. Serangga betina dewasa membutuhkan nutrisi terutama protein lebih tinggi dibandingkan jantan untuk produksi telur (Chapman, 2013). Nutrisi yang dibutuhkan serangga yaitu protein, karbohidrat, lipid, vitamin dan mineral, serta nutrisi-nutrisi tambahan (Cohen, 2015). Serangga *T. castaneum* mampu hidup dalam pakan yang memiliki kadar protein yang tinggi (Applebaum, 1969). Selain itu, serangga *T. castaneum* pada dasarnya membutuhkan thiamin, niacin, dan riboflavin, serta vitamin B yang lain. Banyaknya vitamin B yang terdapat dalam pakan akan memengaruhi perkembangan larva, perkembangan pupa, aktivitas imago, oviposisi, serta mortalitas pada setiap fase serangga *T. castaneum* (Applebaum dan Lubin, 1967; Hamalainen dan Loschiavo, 1977). Beberapa komoditas yang disimpan juga melepaskan senyawa kimia volatil yang berupa senyawa alkohol, aldehid, asam lemak, keton, ester, terpen, senyawa heterosiklik, air dan CO<sub>2</sub> serta beberapa senyawa kimia lainnya (Sjam, 2014).

## 2.5 Deskripsi Beras

Beras adalah salah satu bahan pangan pokok yang dikonsumsi oleh masyarakat di dunia. Harapan untuk meningkatkan gizi penduduk dunia bergantung pada pengembangan varietas padi yang lebih baik dan metode peningkatan produksi dan pemanfaatan padi (Luh, 1991). Hasil panen padi dari sawah disebut gabah. Gabah tersusun dari 15-30% kulit luar (sekam), 4-5% kulit ari, 12-14% katul, 65-67% endosperm dan 2-3% lembaga. Sekam membentuk jaringan keras sebagai perisai pelindung bagi butir beras terhadap pengaruh luar. Kulit ari bersifat kedap terhadap oksigen, CO<sub>2</sub> dan uap air, sehingga dapat melindungi butir beras dari kerusakan oksidasi dan enzimatik (Koswara, 2009).

Beras giling merupakan beras yang telah mengalami pembersihan dari kulit luar. Tujuan dari penggilingan padi yaitu menghilangkan kulit ari sehingga menjadi beras yang sebelumnya beras pecah kulit (*brown rice*) menjadi berwarna putih (*white rice*) serta menjadi butiran yang lebih halus. Hasil penggilingan beras berupa beras utuh dan beras patah. Beras utuh adalah beras yang masih berukuran setidaknya  $\frac{3}{4}$  bagian, sedangkan beras patah adalah beras yang berukuran kurang dari  $\frac{3}{4}$  bagian (Wadsworth, 1991).

Tepung beras merupakan salah satu bentuk alternatif produk setengah jadi yang dianjurkan karena lebih tahan disimpan, mudah dicampur (dibuat komposit), diperkaya zat gizi (difortifikasi), dibentuk dan lebih cepat masak (Indriyani *et al.*, 2013). Secara umum, jenis beras yang dikonsumsi masyarakat di dunia adalah beras putih, merah dan hitam. Pada berbagai jenis beras tersebut, memiliki kandungan yang berbeda-beda. Komposisi utama pada berbagai jenis beras yaitu karbohidrat, protein, lemak, mineral, asam amino, serat (*fiber*), vitamin B dan E, serta senyawa-senyawa volatil (Juliano, 1993). Beras merah merupakan jenis beras berwarna merah yang ditimbulkan oleh pigmen antosianin pada aleuron atau kulit ari (Mulyani dan Sukei, 2010). Beras hitam mengandung banyak antosianin dan senyawa fenol, serta mempunyai aktifitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beras putih (Moko *et al.*, 2014).

Dalam standarisasi mutu, dikenal empat tipe ukuran beras, yaitu sangat panjang ( $>7$  mm), panjang (6-7 mm), sedang (5-5,9 mm), dan pendek ( $<5$  mm). Sedangkan untuk standar mutu tepung beras ditentukan menurut Standar Industri Indonesia (SII). Syarat mutu tepung beras yang baik adalah kadar air maksimum 10%, kadar abu maksimum 1%, bebas dari logam berbahaya, serangga, jamur, serta dengan bau dan rasa yang normal. Tinggi rendahnya mutu beras tergantung kepada beberapa faktor, yaitu spesies dan varietas, kondisi lingkungan, waktu pertumbuhan, waktu dan cara pemanenan, metode pengeringan, dan cara penyimpanan (Koswara, 2009).

### III. METODE PELAKSANAAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hama Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya pada bulan Januari sampai Juni 2018.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan selama kegiatan penelitian adalah mikroskop, kotak perbanyakan serangga (p=15 cm; l=15 cm; t=15 cm), tabung kaca untuk perlakuan (d=6,5 cm; t=9,5), tabung untuk sterilisasi pakan (d=15 cm; t=17 cm), cawan Petri (d=9 cm; t=1,5 cm), tabung plastik (d=3 cm; t=3 cm), corong, kuas dengan berbagai ukuran, ayakan, karet gelang, kain kasa, nampan, oven, kamera, kertas label, *hand counter*, lemari pendingin dan *freezer* untuk proses sterilisasi, lampu, mortar dan pistil, timbangan digital tipe Mettler Toledo<sup>®</sup>, termohigrometer digital Innotech CTH<sup>®</sup>-608 untuk mengukur suhu dan kelembapan laboratorium selama penelitian.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah serangga *T. castaneum*, beras organik putih, merah, dan hitam, ragi (*yeast*), dan tepung terigu untuk perbanyakan (*rearing*) serangga. Ragi yang digunakan berupa ragi instan yang diperoleh dari swalayan. Serangga *T. castaneum* diperoleh dari koleksi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Beras putih (*white rice*) organik varietas IR 64, beras merah (*red rice*) organik varietas Aek Sibundong, dan beras hitam (*black rice*) organik varietas Hare Kwa yang digunakan untuk penelitian diperoleh dari kelompok tani Desa Sumberngepoh, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang. Setiap jenis beras disiapkan dalam bentuk butiran utuh dan patah. Butiran patah diperoleh dengan cara menumbuk beras butiran utuh menggunakan mortar dan pistil.

#### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian terdiri dari dua tahap meliputi persiapan dan pelaksanaan penelitian. Tahap pertama ialah persiapan penelitian dengan mempersiapkan segala kebutuhan yang akan digunakan dalam penelitian. Tahap kedua ialah pelaksanaan

penelitian yang terdiri dari pengamatan pertumbuhan populasi dan perkembangan serangga *T. castaneum*.

### 3.3.1 Persiapan penelitian

Persiapan dilakukan sebelum kegiatan penelitian dilaksanakan. Kegiatan yang dilakukan selama persiapan penelitian yaitu penyediaan pakan serangga, sterilisasi pakan serangga, analisis proksimat beras, uji kekerasan beras, analisis fenol beras, dan perbanyakan serangga.

**Penyediaan Pakan Serangga.** Pakan yang digunakan terdiri dari pakan untuk perbanyakan (*rearing*) dan pakan untuk perlakuan atau penelitian. Pakan perbanyakan *T. castaneum* berupa 95% tepung terigu dan 5% ragi (Campolo *et al.*, 2013) yang diperoleh dari swalayan. Pakan untuk perlakuan berupa beras putih organik varietas IR 64, beras merah organik varietas Aek Sibundong, dan beras hitam organik varietas Hare Kwa yang diperoleh dari kelompok tani Sumber Makmur II, Desa Sumberngepoh, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang. Setiap jenis beras disiapkan dalam bentuk biji utuh dan patah.

**Sterilisasi Pakan Serangga.** Pakan untuk perbanyakan maupun untuk kegiatan penelitian disterilisasi terlebih dahulu. Sterilisasi bertujuan agar pakan untuk perbanyakan maupun untuk perlakuan tidak terkontaminasi oleh organisme lain. Pakan disterilisasi menggunakan lemari pendingin (*freezer*) pada suhu  $-15^{\circ}\text{C}$  selama minimal satu minggu untuk menghilangkan infestasi serangga yang ada di dalam bahan pakan. Kemudian pakan tersebut dipindahkan ke dalam lemari pendingin dengan suhu  $5^{\circ}\text{C}$  selama minimal satu minggu untuk menghindari infestasi lebih lanjut. Bahan pakan yang telah disterilkan disimpan pada ruangan dengan suhu  $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  selama minimal dua minggu untuk normalisasi suhu sebelum digunakan (Heinrichs *et al.*, 1985).

**Analisis Proksimat Beras.** Berbagai jenis beras yang digunakan untuk perlakuan dilakukan analisis proksimat untuk mengetahui nilai kandungan karbohidrat, protein, lemak, kadar air, dan mineral abu. Analisis proksimat dilakukan di Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.



**Analisis Fenol Beras.** Analisis fenol bertujuan untuk mengetahui jumlah fenol total yang dikeluarkan oleh setiap jenis beras. Analisis menggunakan biji beras butiran utuh dan patah. Analisis fenol dilakukan di Laboratorium Teknologi Pangan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

**Perbanyakkan Serangga *T. castaneum*.** Serangga *T. castaneum* diperoleh dari koleksi Laboratorium Hama Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Serangga yang telah ditemukan diidentifikasi terlebih dahulu menggunakan mikroskop stereo. Identifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa spesies yang digunakan dalam perbanyakkan adalah *T. castaneum*. Pakan yang digunakan dalam perbanyakkan yaitu berupa 95% tepung dan 5% ragi (Campolo *et al.*, 2013). Penambahan ragi berfungsi untuk memperkaya nutrisi pakan khususnya kandungan protein (Xue *et al.*, 2010). Pakan dimasukkan ke dalam tabung perbanyakkan dan dicampur rata, kemudian diinfestasi sebanyak 150 imago *T. castaneum* tanpa membedakan jantan dan betina (Sheribha *et al.*, 2010). Setelah 7 hari, imago infestasi dikeluarkan dan telur yang diletakkan oleh imago *T. castaneum* pada pakan dibiarkan hingga berkembang menjadi pupa. Organ genitalia pupa (*urogomphi*) digunakan untuk membedakan serangga jantan dan betina (Chukwulobe dan Echezona, 2014) (Gambar 3). Organ genitalia pupa diamati dengan menggunakan mikroskop. Pupa jantan dan betina diletakkan pada wadah pakan yang berbeda dan dibiarkan hingga berkembang menjadi imago baru. Imago baru yang akan digunakan dalam penelitian berumur 7 hingga 14 hari (Heinrichs *et al.*, 1985).

### 3.3.2 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan populasi dan perkembangan serangga *T. castaneum*. Penelitian diatur dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 15 kombinasi perlakuan (Tabel 1). Setiap perlakuan diulang sebanyak empat kali, sehingga didapatkan 60 satuan percobaan. Setiap proporsi bentuk fisik pakan dihomogenkan sesuai dengan perlakuan. Bentuk butiran pakan yang digunakan setiap proporsi perlakuan adalah butiran utuh dan

patah. Setiap tabung perlakuan diinfestasikan 15 pasang imago *T. castaneum* dalam 30 g pakan sesuai dengan perlakuan (Heinrichs *et al.*, 1985).

Tabel 1. Perlakuan Proporsi Bentuk Butiran Pakan Beras pada Penelitian Pertumbuhan Populasi dan Perkembangan *T. castaneum*

Kode Perlakuan	Perlakuan Jenis dan Proporsi Pakan
P1	100% Beras Putih Utuh
P2	75% Beras Putih Utuh dan 25% Beras Putih Patah
P3	50% Beras Putih Utuh dan 50% Beras Putih Patah
P4	25% Beras Putih Utuh dan 75% Beras Putih Patah
P5	100% Beras Putih Patah
P6	100% Beras Merah Utuh
P7	75% Beras Merah Utuh dan 25% Beras Merah Patah
P8	50% Beras Merah Utuh dan 50% Beras Merah Patah
P9	25% Beras Merah Utuh dan 75% Beras Merah Patah
P10	100% Beras Merah Patah
P11	100% Beras Hitam Utuh
P12	75% Beras Hitam Utuh dan 25% Beras Hitam Patah
P13	50% Beras Hitam Utuh dan 50% Beras Hitam Patah
P14	25% Beras Hitam Utuh dan 75% Beras Hitam Patah
P15	100% Beras Hitam Patah

Pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengamatan pertumbuhan populasi *T. castaneum* dan perkembangan *T. castaneum*. Variabel pengamatan pertumbuhan populasi *T. castaneum* adalah mortalitas imago infestasi, jumlah telur, jumlah larva, jumlah pupa, dan jumlah imago baru. Variabel pengamatan perkembangan serangga *T. castaneum* adalah lama stadium telur, lama stadium larva, lama stadium pupa, praoviposisi, dan siklus hidup serangga *T. castaneum*.

Mortalitas imago dihitung pada hari ketujuh setelah infestasi. Penghitungan dilakukan dengan menuangkan masing-masing pakan ke cawan petri. Semua imago *T. castaneum* selanjutnya dikeluarkan dari seluruh pakan perlakuan. Imago yang mati dipisahkan dengan imago yang hidup, kemudian dihitung jumlahnya. Setelah proses penghitungan selesai, pakan yang terinfestasi oleh telur dimasukkan kembali ke dalam tabung perlakuan.

Penghitungan jumlah telur, jumlah larva, dan jumlah pupa masing-masing dilakukan pada 7, 28, dan 30 hari setelah infestasi. Penghitungan imago baru dilakukan setiap hari sejak kemunculan imago baru pertama kali hingga tidak ada lagi imago baru yang muncul. Jumlah telur dihitung dan diamati dengan bantuan mikroskop. Setelah proses penghitungan selesai, pakan yang terinfestasi oleh telur dimasukkan kembali ke dalam tabung perlakuan. Jumlah larva, pupa, dan imago baru dihitung dengan cara yang sama dengan penghitungan jumlah telur.

Siklus hidup serangga *T. castaneum* diamati dengan menghitung lama fase telur, larva, pupa, dan praoviposisi. Imago yang digunakan untuk perkembangan diambil dari pakan pertumbuhan pada setiap perlakuan. Stadium telur diamati dengan mengambil sebanyak 10 butir telur yang diletakkan pada hari yang sama pada masing-masing pakan perlakuan. Telur tersebut dipindahkan ke tabung kecil ( $d=3$  cm,  $t=3$  cm) dengan menggunakan kuas. Telur diamati setiap hari dan dilakukan pencatatan waktu yang dibutuhkan hingga telur menetas menjadi larva. Stadium larva diamati setiap hari sejak larva pertama kali menetas dari telur pada setiap tabung kecil dan mencatat lamanya fase larva hingga menjadi pupa. Fase pupa diamati sejak pupa pertama kali terbentuk dan diamati setiap hari, serta dilakukan pencatatan waktu yang dibutuhkan hingga pupa menjadi imago baru.

Pengamatan praoviposisi dilakukan ketika imago baru yang terbentuk pada pakan pertumbuhan pada hari yang sama dipasangkan hingga meletakkan telur pertama kali. Siklus hidup diamati dengan menghitung waktu yang dibutuhkan oleh *T. castaneum* pada masing-masing perlakuan sejak telur diletakkan hingga imago baru meletakkan telur pertama kali. Pakan yang digunakan pada pengamatan lama fase perkembangan serangga sama dengan pakan yang digunakan pada pengamatan pertumbuhan serangga. Masing-masing beras perlakuan pada setiap sampel individu diberi pakan 3 g dengan proporsi bentuk pakan sesuai perlakuan dan ditempatkan di tabung pengamatan perkembangan serangga. Tabung kecil yang digunakan untuk penelitian diberi label untuk mencatat waktu perkembangan masing-masing stadium.

### 3.4 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (Anova) pada taraf kesalahan 5%. Apabila hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang nyata antar perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kesalahan 5%. Program yang digunakan untuk analisis ragam dan uji lanjut DMRT adalah DSAASTAT® versi 1.101.



## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

#### 4.1.1 Pertumbuhan Populasi *T. castaneum* pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah

**Mortalitas imago yang diinfestasikan.** Hasil analisis ragam terhadap mortalitas imago yang diinfestasikan pada berbagai proporsi pakan beras tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (Tabel Lampiran 1). Rerata mortalitas imago berkisar antara 0,83% hingga 5,00%. Rerata mortalitas imago *T. castaneum* yang diinfestasikan pada berbagai jenis pakan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Rerata Mortalitas Imago *T. castaneum* yang Diinfestasikan pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah

Perlakuan	Mortalitas Imago Infestasi (%) ( $\bar{x} \pm SB$ )
100% Beras Putih Utuh	1,67 $\pm$ 3,33
75% Beras Putih Utuh dan 25% Beras Putih Patah	0,83 $\pm$ 1,67
50% Beras Putih Utuh dan 50% Beras Putih Patah	3,33 $\pm$ 2,72
25% Beras Putih Utuh dan 75% Beras Putih Patah	3,33 $\pm$ 0,00
100% Beras Putih Patah	2,50 $\pm$ 1,67
100% Beras Merah Utuh	1,67 $\pm$ 1,92
75% Beras Merah Utuh dan 25% Beras Merah Patah	2,50 $\pm$ 3,19
50% Beras Merah Utuh dan 50% Beras Merah Patah	4,17 $\pm$ 4,19
25% Beras Merah Utuh dan 75% Beras Merah Patah	5,00 $\pm$ 4,30
100% Beras Merah Patah	0,83 $\pm$ 1,67
100% Beras Hitam Utuh	3,33 $\pm$ 2,72
75% Beras Hitam Utuh dan 25% Beras Hitam Patah	2,50 $\pm$ 3,19
50% Beras Hitam Utuh dan 50% Beras Hitam Patah	3,33 $\pm$ 4,71
25% Beras Hitam Utuh dan 75% Beras Hitam Patah	2,50 $\pm$ 3,19
100% Beras Hitam Patah	4,17 $\pm$ 5,00

Keterangan: Data ditransformasi dalam bentuk  $\sqrt{x+0,5}$  untuk kepentingan analisis,  $\bar{x}$  = rerata, dan SB = simpangan baku

**Telur *T. castaneum*.** Hasil analisis ragam terhadap jumlah telur *T. castaneum* pada berbagai proporsi pakan menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (Tabel Lampiran 2). Rerata jumlah telur *T. castaneum* pada berbagai proporsi pakan beras disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Rerata Jumlah Telur *T. castaneum* pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah

Perlakuan	Jumlah Telur (Butir) ( $\bar{x} \pm SB$ )
100% Beras Putih Utuh	182,50 $\pm$ 66,1 bcde
75% Beras Putih Utuh dan 25% Beras Putih Patah	231,25 $\pm$ 29,0 ef
50% Beras Putih Utuh dan 50% Beras Putih Patah	283,00 $\pm$ 20,6 fg
25% Beras Putih Utuh dan 75% Beras Putih Patah	313,00 $\pm$ 39,5 gh
100% Beras Putih Patah	411,25 $\pm$ 45,3 h
100% Beras Merah Utuh	141,00 $\pm$ 34,8 abcd
75% Beras Merah Utuh dan 25% Beras Merah Patah	137,50 $\pm$ 19,7 abcd
50% Beras Merah Utuh dan 50% Beras Merah Patah	147,50 $\pm$ 29,0 abcd
25% Beras Merah Utuh dan 75% Beras Merah Patah	177,75 $\pm$ 24,8 cde
100% Beras Merah Patah	189,50 $\pm$ 58,4 de
100% Beras Hitam Utuh	127,00 $\pm$ 22,3 a
75% Beras Hitam Utuh dan 25% Beras Hitam Patah	127,75 $\pm$ 17,5 ab
50% Beras Hitam Utuh dan 50% Beras Hitam Patah	136,25 $\pm$ 37,2 abc
25% Beras Hitam Utuh dan 75% Beras Hitam Patah	145,75 $\pm$ 29,4 abcd
100% Beras Hitam Patah	127,75 $\pm$ 16,3 ab

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf kesalahan 5%,  $\bar{x}$  = rerata, dan SB = simpangan baku.  
Data ditransformasi dalam bentuk Log (X) untuk kepentingan analisis

Pada Tabel 3 terlihat bahwa rerata jumlah telur lebih tinggi (411,25 butir) pada proporsi 100% beras putih patah yang tidak berbeda nyata dengan pakan beras putih dengan proporsi 25% utuh dan 75% patah sebanyak 313 butir. Rerata jumlah telur lebih rendah (117,25 butir) pada proporsi 100% beras hitam patah yang tidak berbeda nyata dengan pakan beras hitam dengan proporsi 100% utuh, 75% utuh dan 25% patah, 50% utuh dan 50% patah, 12% utuh dan 75% patah, dan pakan beras merah dengan proporsi 75% utuh dan 25% patah, 100% utuh, serta 50% utuh dan



50% patah masing-masing sebanyak 127; 127, 75; 136,25; 145,75; 137,5; 141; dan 147,5 butir (Tabel 3).

Rerata jumlah telur pada proporsi pakan 100% beras putih patah umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan proporsi pakan yang lain. Hal tersebut diduga karena dipengaruhi oleh faktor fisik dan kimia pakan. Faktor fisik yang berpengaruh adalah ukuran butiran beras, sedangkan faktor kimia yang berpengaruh adalah senyawa volatil yang dikeluarkan oleh beras. Bentuk dan ukuran butiran yang lebih kecil diduga lebih disukai oleh hama *T. castaneum*. Menurut Xue (2010), laju reproduksi *T. castaneum* meningkat pada butiran yang telah rusak dibandingkan dengan butiran yang masih utuh. Menurut Kayode *et al.*, serangga *T. castaneum* dapat bereproduksi dengan cepat pada butiran atau pakan yang rusak. Selain itu, kandungan senyawa fenolik pada beras diduga dapat memengaruhi peletakan telur. Berdasarkan hasil analisis senyawa fenolik terlihat bahwa pada pakan beras putih memiliki kandungan senyawa fenolik yang paling rendah sebesar 0,02% baik pada butiran utuh maupun pada butiran patah (Tabel Lampiran 12). Rendahnya senyawa fenolik pada beras putih diduga dapat memengaruhi banyaknya jumlah telur yang diletakkan oleh serangga betina dan menyebabkan rendahnya hambatan proses peletakan telur oleh serangga pada pakan. Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan korelasi negatif antara jumlah telur yang diletakkan dengan kandungan senyawa fenolik pada pakan ( $r = -0,483$ ;  $P = 0,05$ ). Menurut Sadasivam dan Thayumanavan (2003), senyawa-senyawa fenol berfungsi sebagai salah satu mekanisme ketahanan tanaman terhadap serangan hama. Kayode *et al.* (2014) menyatakan bahwa senyawa fenolik berperan dalam ketahanan tanaman terhadap infestasi serangga dengan mekanisme ketahanan antixenosis dan antibiosis. Kandungan fenol tertinggi pada biji-bijian sereal terdapat pada lapisan pericarp, lapisan aleuron, dan dinding sel endosperma (Sadasivam dan Thayumanavan, 2003).

**Larva *T. castaneum*.** Hasil analisis ragam terhadap jumlah larva *T. castaneum* pada berbagai proporsi pakan menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (Tabel Lampiran 3). Rerata jumlah larva *T. castaneum* pada berbagai proporsi pakan beras disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Rerata Jumlah Larva *T. castaneum* pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah

Perlakuan	Jumlah Larva (Ekor) ( $\bar{x} \pm SB$ )
100% Beras Putih Utuh	115,00 $\pm$ 39,3 ab
75% Beras Putih Utuh dan 25% Beras Putih Patah	140,00 $\pm$ 44,8 bc
50% Beras Putih Utuh dan 50% Beras Putih Patah	179,00 $\pm$ 67,3 cd
25% Beras Putih Utuh dan 75% Beras Putih Patah	170,25 $\pm$ 37,9 cd
100% Beras Putih Patah	217,50 $\pm$ 35,0 d
100% Beras Merah Utuh	123,50 $\pm$ 20,4 abc
75% Beras Merah Utuh dan 25% Beras Merah Patah	101,00 $\pm$ 37,9 a
50% Beras Merah Utuh dan 50% Beras Merah Patah	110,50 $\pm$ 27,8 ab
25% Beras Merah Utuh dan 75% Beras Merah Patah	132,00 $\pm$ 25,1 abc
100% Beras Merah Patah	154,00 $\pm$ 42,3 bc
100% Beras Hitam Utuh	110,50 $\pm$ 27,6 ab
75% Beras Hitam Utuh dan 25% Beras Hitam Patah	123,25 $\pm$ 16,4 abc
50% Beras Hitam Utuh dan 50% Beras Hitam Patah	113,75 $\pm$ 34,8 ab
25% Beras Hitam Utuh dan 75% Beras Hitam Patah	118,75 $\pm$ 18,6 ab
100% Beras Hitam Patah	97,50 $\pm$ 27,2 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf kesalahan 5%,  $\bar{x}$  = rerata, dan SB = simpangan baku  
Data ditransformasi dalam bentuk Log (X) untuk kepentingan analisis

Pada Tabel 4 terlihat bahwa rerata jumlah larva lebih tinggi (217,5 ekor) pada proporsi 100% beras putih patah yang tidak berbeda nyata dengan pakan beras putih dengan proporsi 25% utuh dan 75% patah serta 50% utuh dan 50% patah masing-masing sebanyak 170,25 dan 179 ekor. Jumlah larva lebih rendah (97,5 ekor) pada pakan beras hitam dengan proporsi 100% patah yang tidak berbeda nyata dengan pakan beras merah dengan proporsi 75% utuh dan 25% patah, 50% utuh dan 50% patah, 100% utuh, 25% utuh dan 75% patah, serta pakan beras hitam dengan proporsi 100% utuh, 50% utuh dan 50% patah, 25% utuh dan 75% patah, 75% utuh dan 25% patah, dan 100% beras putih utuh masing-masing sebanyak 101; 110,5; 123,5; 132; 110,5; 115; 118,75; 123,25; dan 113,75 ekor (Tabel 4).

Rerata jumlah larva pada proporsi pakan 100% beras putih patah umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan proporsi pakan yang lain. Hal tersebut diduga karena dipengaruhi oleh ukuran butiran yang lebih kecil. Menurut Xue (2010), ukuran partikel yang lebih kecil dapat dengan mudah dirusak oleh larva atau imago *T. castaneum* dibandingkan dengan butiran yang masih utuh. Menurut Kayode *et al.* (2014), kemampuan larva dan serangga dewasa *T. castaneum* untuk merusak biji-bijian utuh sangat rendah.

**Pupa *T. castaneum*.** Hasil analisis ragam terhadap jumlah pupa *T. castaneum* pada berbagai proporsi pakan menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (Tabel Lampiran 4). Rerata jumlah pupa *T. castaneum* pada berbagai proporsi pakan beras disajikan pada Tabel 5.

Tabel 4. Rerata Jumlah Pupa *T. castaneum* pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah

Perlakuan	Jumlah Pupa (Ekor) ( $\bar{x} \pm SB$ )
100% Beras Putih Utuh	0,00 $\pm$ 0,00 a
75% Beras Putih Utuh dan 25% Beras Putih Patah	0,75 $\pm$ 1,50 ab
50% Beras Putih Utuh dan 50% Beras Putih Patah	1,25 $\pm$ 1,89 ab
25% Beras Putih Utuh dan 75% Beras Putih Patah	2,25 $\pm$ 2,06 b
100% Beras Putih Patah	0,50 $\pm$ 1,00 a
100% Beras Merah Utuh	86,25 $\pm$ 22,91 c
75% Beras Merah Utuh dan 25% Beras Merah Patah	84,75 $\pm$ 31,34 c
50% Beras Merah Utuh dan 50% Beras Merah Patah	95,75 $\pm$ 28,65 c
25% Beras Merah Utuh dan 75% Beras Merah Patah	112,75 $\pm$ 22,51 c
100% Beras Merah Patah	96,25 $\pm$ 24,80 c
100% Beras Hitam Utuh	90,00 $\pm$ 9,83 c
75% Beras Hitam Utuh dan 25% Beras Hitam Patah	111,25 $\pm$ 18,52 c
50% Beras Hitam Utuh dan 50% Beras Hitam Patah	97,00 $\pm$ 28,11 c
25% Beras Hitam Utuh dan 75% Beras Hitam Patah	92,75 $\pm$ 23,96 c
100% Beras Hitam Patah	85,25 $\pm$ 27,65 c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf kesalahan 5%,  $\bar{x}$  = rerata, dan SB = simpangan baku  
Data ditransformasi dalam bentuk Log (X+1) untuk kepentingan analisis

Pada Tabel 5 terlihat bahwa rerata jumlah pupa lebih tinggi (112,75 ekor) pada pakan beras merah dengan proporsi 25% utuh dan 75% patah yang tidak berbeda nyata dengan pakan beras hitam dengan proporsi 75% utuh dan 25% patah, 50% utuh dan 50% patah, 25% utuh dan 75% patah, 100% utuh, 100% patah, serta pakan beras merah dengan proporsi 100% patah, 50% utuh dan 50% patah, 100% utuh, dan 75% utuh dan 25% patah masing-masing sejumlah 111,25; 97,00; 92,75; 90,00; 85,25; 96,25; 95,75; 86,25; dan 84,75 ekor. Rerata jumlah pupa lebih rendah (0,00 ekor) pada proporsi pakan 100% beras putih utuh yang tidak berbeda nyata dengan pakan beras putih dengan proporsi 100% patah, 75% utuh dan 25% patah, serta 50% utuh dan 50% patah masing-masing sejumlah 0,50; 0,75; dan 1,25 ekor (Tabel 5).

Rerata jumlah pupa *T. castaneum* pada pakan beras putih pada berbagai proporsi butiran utuh dan patah relatif lebih rendah dibandingkan dengan pakan yang lain. Hal tersebut karena tingginya jumlah kematian pada fase larva yang terjadi pada pakan beras putih ketika akan memasuki fase pupa. Kematian pada fase larva yang akan memasuki fase pupa yang terjadi pada pakan beras putih diduga karena kandungan karbohidrat yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis pakan yang lain. Kandungan karbohidrat beras putih lebih besar dibandingkan dengan kandungan karbohidrat pada beras merah dan hitam, baik pada butiran utuh maupun butiran patah. Berdasarkan hasil analisis proksimat, kandungan karbohidrat pada pakan proporsi 100% beras putih utuh sebesar 79,93% dan pada 100% beras putih patah sebesar 78,37%. Berdasarkan hasil penelitiannya, Applebaum (1966) melaporkan bahwa mortalitas larva *T. castaneum* mencapai 100% di hari ke 14 pada pakan tepung kentang yang mengandung 80% karbohidrat. Kandungan karbohidrat yang terlalu tinggi dapat menghambat proses pertumbuhan dan perkembangan serangga. Menurut Patton (1963), penggunaan karbohidrat bergantung pada kemampuan spesies serangga mengubah polisakarida kompleks dan oligosakarida menjadi gula sederhana yang dapat diasimilasi. Tingginya kandungan karbohidrat pada pakan dapat berperan menjadi nutrisi yang lemah dan baik untuk tubuh serangga, tetapi tidak dapat diterima baik secara fisik maupun kimia oleh tubuh serangga, dan dapat menjadi racun bagi tubuh serangga.

Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan korelasi negatif antara jumlah pupa dengan kandungan karbohidrat pada pakan butiran utuh dan butiran patah ( $r = -0,874$ ;  $P = 0,01$ ). Karbohidrat berfungsi sebagai sumber energi yang dapat diubah menjadi simpanan lemak dan asam amino (Chapman, 2013). Menurut Parra (2012), pertumbuhan maksimum *Tribolium* sp. akan terjadi apabila kandungan gula pada pakan mencapai 70%. Serangga pemakan butiran biji dan sereal membutuhkan sekitar 20% hingga 70% karbohidrat dari keseluruhan nutrisi pakan.

**Imago baru *T. castaneum*.** Hasil analisis ragam terhadap jumlah imago baru *T. castaneum* pada berbagai proporsi pakan menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata (Tabel Lampiran 5). Rerata jumlah imago baru *T. castaneum* pada berbagai proporsi pakan beras disajikan pada Tabel 6.

Tabel 5. Rerata Jumlah Imago Baru *T. castaneum* pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah

Perlakuan	Jumlah Imago Baru (Ekor) <sup>1</sup> ( $\bar{x} \pm SB$ )
75% Beras Putih Utuh dan 25% Beras Putih Patah	0,50 $\pm$ 1,00 a
50% Beras Putih Utuh dan 50% Beras Putih Patah	0,75 $\pm$ 1,50 a
25% Beras Putih Utuh dan 75% Beras Putih Patah	1,25 $\pm$ 1,89 a
100% Beras Putih Patah	0,50 $\pm$ 1,00 a
100% Beras Merah Utuh	65,75 $\pm$ 18,80 b
75% Beras Merah Utuh dan 25% Beras Merah Patah	69,25 $\pm$ 37,87 b
50% Beras Merah Utuh dan 50% Beras Merah Patah	81,25 $\pm$ 29,07 b
25% Beras Merah Utuh dan 75% Beras Merah Patah	103,00 $\pm$ 21,37 b
100% Beras Merah Patah	78,25 $\pm$ 36,45 b
100% Beras Hitam Utuh	71,00 $\pm$ 28,08 b
75% Beras Hitam Utuh dan 25% Beras Hitam Patah	97,75 $\pm$ 16,07 b
50% Beras Hitam Utuh dan 50% Beras Hitam Patah	87,25 $\pm$ 23,07 b
25% Beras Hitam Utuh dan 75% Beras Hitam Patah	74,50 $\pm$ 27,18 b
100% Beras Hitam Patah	73,50 $\pm$ 24,56 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf kesalahan 5%,  $\bar{x}$  = rerata, dan SB = simpangan baku  
Data ditransformasi dalam bentuk Log (X+1) untuk kepentingan analisis

Pada Tabel 6 terlihat bahwa pengamatan jumlah imago baru hanya dilakukan pada empat belas jenis proporsi pakan. Pakan dengan proporsi 100%



beras putih utuh tidak dilakukan pengamatan. Hal tersebut dikarenakan terputusnya pertumbuhan dan perkembangan *T. castaneum* pada fase larva (115,00 ekor) yang akan memasuki fase pupa (0,00 ekor), sehingga tidak dilakukan pengamatan pada fase imago baru. Lebih lanjut dapat dikemukakan bahwa rerata jumlah imago baru lebih tinggi (103,00 ekor) pada pakan dengan proporsi 25% beras merah utuh dan 75% beras merah patah yang tidak berbeda nyata dengan pakan beras hitam dengan proporsi 75% utuh dan 25% patah, 50% utuh dan 50% patah, 25% utuh dan 75% patah, 100% patah, 100% utuh, serta pakan beras merah dengan proporsi 50% utuh dan 50% patah, 100% patah, 75% utuh dan 25% patah, dan 100% utuh masing-masing sejumlah 97,75; 87,25; 74,50; 73,50; 71,00; 81,25; 78,25; 69,25; dan 65,75 ekor. Rerata jumlah imago baru lebih rendah (0,50 ekor) pada pakan beras putih dengan proporsi 75% utuh dan 25% patah serta 100% patah yang tidak berbeda nyata dengan pakan beras putih dengan proporsi 50% utuh dan 50% patah serta 25% utuh dan 75% patah masing-masing sebesar 0,75 dan 1,25 ekor (Tabel 6).

Rerata imago baru *T. castaneum* pada pakan beras merah dan hitam pada berbagai proporsi butiran utuh dan patah umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan pakan yang lain. Hal tersebut diduga karena kandungan nutrisi yang terdapat pada pakan beras merah dan hitam lebih sesuai dengan pertumbuhan imago *T. castaneum*. Selain itu, adanya bagian lembaga (*germ*) pada butiran beras merah dan hitam juga diduga memengaruhi pertumbuhan serangga *T. castaneum*. Pada komposisi beras, kandungan protein, lipid, mineral, dan vitamin lebih tinggi pada bagian aleuron dan lembaga. Kandungan nutrisi tersebut akan berkurang ketika beras digiling dan hanya meninggalkan bagian endosperm (Juliano, 1993; Xue, 2010).

Hasil uji korelasi menunjukkan terdapat hubungan korelasi positif antara jumlah imago baru dengan kandungan protein pakan ( $r = 0,546$ ;  $P = 0,05$ ). Protein terdiri dari komponen asam amino yang diserap dan disalurkan ke sel-sel tubuh serangga untuk pembentukan tubuh serangga seperti membran sel, enzim, dan hormon (Chapman 2013; Cohen, 2015). Serangga *Tribolium* sp. membutuhkan 8-10 asam amino esensial yaitu *arginine*, *histidine*, *lysine*, *tryptophane*, *phenylalanine*, *methionine*, *threonine*, *leucine*, *isoleucine* dan *valine* untuk



pertumbuhannya. Apabila pakan tidak menyediakan asam amino tersebut proses pembentukan pupa dan pertumbuhan imago baru akan terhambat (Fraenkel dan Printy, 1954; Cohen, 2015).

Hasil uji korelasi menunjukkan terdapat hubungan korelasi positif antara jumlah imago baru dengan kandungan abu pada pakan ( $r = 0,779$ ;  $P = 0,01$ ). Abu mengandung berbagai jenis mineral. Salah satu mineral yang ada pada butiran beras yaitu fosfor. Fosfor merupakan salah satu mineral yang dibutuhkan untuk pertumbuhan *Tribolium* sp. Larva *Tribolium* sp. membutuhkan fosfor sebelum pupasi. Kandungan fosfor yang rendah akan menghambat perkembangan dan pertumbuhan pada fase pupa dan imago *Tribolium* sp. (Nelson dan Palmer, 1935; Verma dan Srivastav, 2017).

#### **4.1.2 Perkembangan *T. castaneum* pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah**

Pengamatan perkembangan dilakukan dengan menghitung lama stadium setiap fase serangga. Telur yang digunakan pengamatan perkembangan adalah telur yang dihasilkan oleh imago baru yang sudah ada pengaruh dari pakan perlakuan pada pengujian pertumbuhan sebelumnya. Pengamatan perkembangan *T. castaneum* hanya dilakukan pada 10 proporsi pakan. Proporsi pakan yang tidak dilakukan pengamatan ialah pakan beras putih dengan proporsi 100% utuh, 75% utuh dan 25% patah, 50% utuh dan 50% patah, 25% utuh dan 75% patah, dan 100% patah. Hal tersebut dikarenakan pertumbuhan dan perkembangan serangga *T. castaneum* pada pakan-pakan tersebut terputus ketika fase larva akan memasuki fase pupa, sehingga jumlah imago baru menjadi sangat terbatas serta tidak dapat dilanjutkan untuk pengamatan perkembangan selanjutnya.

**Stadium telur *T. castaneum*.** Hasil analisis ragam terhadap lama stadium telur pada berbagai proporsi pakan menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (Tabel Lampiran 6). Rerata lama stadium telur *T. castaneum* pada berbagai proporsi pakan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Rerata Stadium Telur *T. castaneum* pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah

Perlakuan	Stadium Telur (Hari) ( $\bar{x} \pm SB$ )
100% Beras Merah Utuh	5,00 $\pm$ 0,41 bc
75% Beras Merah Utuh dan 25% Beras Merah Patah	4,67 $\pm$ 0,47 abc
50% Beras Merah Utuh dan 50% Beras Merah Patah	4,04 $\pm$ 0,24 a
25% Beras Merah Utuh dan 75% Beras Merah Patah	4,05 $\pm$ 0,48 a
100% Beras Merah Patah	4,45 $\pm$ 0,64 abc
100% Beras Hitam Utuh	4,50 $\pm$ 0,69 abc
75% Beras Hitam Utuh dan 25% Beras Hitam Patah	4,42 $\pm$ 0,32 abc
50% Beras Hitam Utuh dan 50% Beras Hitam Patah	4,33 $\pm$ 0,42 ab
25% Beras Hitam Utuh dan 75% Beras Hitam Patah	5,20 $\pm$ 0,37 c
100% Beras Hitam Patah	4,79 $\pm$ 0,63 abc

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf kesalahan 5%,  $\bar{x}$  = rerata, dan SB = simpangan baku

Pada Tabel 7 terlihat bahwa rerata lama stadium telur *T. castaneum* lebih cepat (4,04 hari) pada pakan beras merah dengan proporsi 50% utuh dan 50% patah yang tidak berbeda nyata dengan pakan beras merah dengan proporsi 25% utuh dan 75% patah, 100% patah, 75% utuh dan 25% patah, serta pakan beras hitam dengan proporsi 50% dan 50% patah, 75% utuh dan 25% patah, 100% utuh, dan 100% patah masing-masing selama 4,05; 4,45; 4,67; 4,33; 4,42; 4,50; dan 4,79 hari. Rerata lama stadium telur lebih lambat (5,20 hari) pada pakan beras hitam dengan proporsi 25% utuh dan 75% patah yang tidak berbeda nyata dengan proporsi pakan 100% beras merah utuh selama 5 hari (Tabel 7).

**Stadium larva *T. castaneum*.** Hasil analisis ragam terhadap lama stadium larva *T. castaneum* pada berbagai proporsi pakan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (Tabel Lampiran 7). Rerata lama stadium larva berkisar antara 27,95 hingga 31,50 hari. Rerata lama stadium larva *T. castaneum* pada berbagai proporsi pakan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 7. Rerata Larva *T. castaneum* pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah

Perlakuan	Stadium Larva (Hari) ( $\bar{x} \pm SB$ )
100% Beras Merah Utuh	30,88 $\pm$ 2,14
75% Beras Merah Utuh dan 25% Beras Merah Patah	31,50 $\pm$ 1,96
50% Beras Merah Utuh dan 50% Beras Merah Patah	30,50 $\pm$ 2,18
25% Beras Merah Utuh dan 75% Beras Merah Patah	30,15 $\pm$ 1,93
100% Beras Merah Patah	30,19 $\pm$ 1,36
100% Beras Hitam Utuh	30,50 $\pm$ 2,12
75% Beras Hitam Utuh dan 25% Beras Hitam Patah	30,38 $\pm$ 1,80
50% Beras Hitam Utuh dan 50% Beras Hitam Patah	29,13 $\pm$ 1,03
25% Beras Hitam Utuh dan 75% Beras Hitam Patah	27,95 $\pm$ 0,70
100% Beras Hitam Patah	28,88 $\pm$ 0,85

Keterangan: Data ditransformasi dalam bentuk Log (X) untuk kepentingan analisis,  $\bar{x}$  = rerata, dan SB = simpangan baku

**Stadium pupa *T. castaneum*.** Hasil analisis ragam terhadap lama stadium pupa pada berbagai proporsi pakan menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (Tabel Lampiran 8). Rerata lama stadium pupa *T. castaneum* pada berbagai proporsi pakan disajikan pada Tabel 9.

Tabel 8. Rerata Stadium Pupa *T. castaneum* pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah

Perlakuan	Stadium Pupa (Hari) ( $\bar{x} \pm SB$ )
100% Beras Merah Utuh	6,25 $\pm$ 0,65 ab
75% Beras Merah Utuh dan 25% Beras Merah Patah	7,58 $\pm$ 1,13 b
50% Beras Merah Utuh dan 50% Beras Merah Patah	6,29 $\pm$ 0,35 ab
25% Beras Merah Utuh dan 75% Beras Merah Patah	6,43 $\pm$ 0,42 ab
100% Beras Merah Patah	5,81 $\pm$ 0,63 a
100% Beras Hitam Utuh	7,38 $\pm$ 1,18 b
75% Beras Hitam Utuh dan 25% Beras Hitam Patah	6,88 $\pm$ 1,11 ab
50% Beras Hitam Utuh dan 50% Beras Hitam Patah	6,21 $\pm$ 0,50 ab
25% Beras Hitam Utuh dan 75% Beras Hitam Patah	5,71 $\pm$ 0,76 a
100% Beras Hitam Patah	5,88 $\pm$ 0,48 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf kesalahan 5%,  $\bar{x}$  = rerata, dan SB = simpangan baku

Data ditransformasi dalam bentuk Log (X) untuk kepentingan analisis

Pada Tabel 9 terlihat bahwa rerata lama stadium pupa *T. castaneum* lebih cepat (5,71 hari) pada pakan beras hitam dengan proporsi 25% utuh dan 75% patah yang tidak berbeda nyata dengan 100% patah, 50% utuh dan 50% patah, 75% utuh dan 25% patah, serta pakan beras merah dengan proporsi 100% patah, 100% utuh, 50% utuh dan 50% patah, serta 25% utuh dan 75% patah masing-masing selama 5,88; 6,21; 6,88; 5,81; 6,25; 6,29; dan 6,43 hari. Rerata lama stadium pupa lebih lambat (7,38 hari) pada pakan beras hitam dengan proporsi 100% utuh yang tidak berbeda nyata dengan pakan beras merah dengan proporsi 75% utuh dan 25% patah selama 7,58 hari (Tabel 9).

**Lama praoviposisi *T. castaneum*.** Hasil analisis ragam terhadap lama stadium telur pada berbagai proporsi pakan menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (Tabel Lampiran 9). Rerata lama stadium telur *T. castaneum* pada berbagai proporsi pakan disajikan pada Tabel 10.

Tabel 9. Rerata Lama Praoviposisi *T. castaneum* pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah

Perlakuan	Praoviposisi (Hari) ( $\bar{x} \pm SB$ )
100% Beras Merah Utuh	9,08 $\pm$ 0,05 a
75% Beras Merah Utuh dan 25% Beras Merah Patah	9,17 $\pm$ 0,03 a
50% Beras Merah Utuh dan 50% Beras Merah Patah	8,69 $\pm$ 0,01 a
25% Beras Merah Utuh dan 75% Beras Merah Patah	8,46 $\pm$ 0,01 a
100% Beras Merah Patah	8,77 $\pm$ 0,03 a
100% Beras Hitam Utuh	10,63 $\pm$ 0,02 b
75% Beras Hitam Utuh dan 25% Beras Hitam Patah	9,30 $\pm$ 0,04 a
50% Beras Hitam Utuh dan 50% Beras Hitam Patah	9,20 $\pm$ 0,02 a
25% Beras Hitam Utuh dan 75% Beras Hitam Patah	8,63 $\pm$ 0,03 a
100% Beras Hitam Patah	8,83 $\pm$ 0,02 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf kesalahan 5%,  $\bar{x}$  = rerata, dan SB = simpangan baku  
Data ditransformasi dalam bentuk Log (X) untuk kepentingan analisis

Pada Tabel 10 terlihat bahwa rerata lama praoviposisi *T. castaneum* lebih cepat (8,46 hari) pada pakan beras merah dengan proporsi 25% utuh dan 75% patah

yang tidak berbeda nyata dengan pakan beras hitam dengan proporsi 25% utuh dan 75% patah, 100% patah, 50% utuh dan 50% patah, 75% utuh dan 25% patah, serta pada pakan beras merah dengan proporsi 50% utuh dan 50% patah, 100% patah, 100% utuh, serta 75% utuh dan 25% patah masing-masing selama 8,63; 8,83; 9,20; 9,30; 8,69; 8,77; 9,08; dan 9,17 hari. Rerata lama praoviposisi lebih lambat (10,63 hari) pada proporsi pakan 100% beras hitam utuh (Tabel 10).

**Siklus hidup *T. castaneum*.** Hasil analisis ragam terhadap lama siklus hidup pada berbagai proporsi pakan menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (Tabel Lampiran 10). Rerata lama siklus hidup *T. castaneum* pada berbagai proporsi pakan disajikan pada Tabel 11.

Tabel 10. Siklus Hidup *T. castaneum* pada Beras Putih, Merah, dan Hitam dalam Berbagai Proporsi Butiran Utuh dan Patah

Perlakuan	Siklus Hidup (Hari) ( $\bar{x} \pm SB$ )
100% Beras Merah Utuh	51,63 $\pm$ 0,03 ab
75% Beras Merah Utuh dan 25% Beras Merah Patah	51,88 $\pm$ 0,03 ab
50% Beras Merah Utuh dan 50% Beras Merah Patah	49,08 $\pm$ 0,02 a
25% Beras Merah Utuh dan 75% Beras Merah Patah	48,90 $\pm$ 0,02 a
100% Beras Merah Patah	48,88 $\pm$ 0,02 a
100% Beras Hitam Utuh	53,25 $\pm$ 0,03 b
75% Beras Hitam Utuh dan 25% Beras Hitam Patah	51,00 $\pm$ 0,02 ab
50% Beras Hitam Utuh dan 50% Beras Hitam Patah	48,50 $\pm$ 0,01 a
25% Beras Hitam Utuh dan 75% Beras Hitam Patah	48,05 $\pm$ 0,01 a
100% Beras Hitam Patah	48,31 $\pm$ 0,02 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf kesalahan 5%,  $\bar{x}$  = rerata, dan SB = simpangan baku  
Data ditransformasi dalam bentuk Log (X) untuk kepentingan analisis

Pada tabel 11 terlihat bahwa rerata lama siklus hidup *T. castaneum* lebih cepat (48,05 hari) pada pakan beras hitam dengan proporsi 25% utuh dan 75% patah yang tidak berbeda nyata dengan pakan beras hitam dengan proporsi 100% patah, 50% dan 50% patah, 75% utuh dan 25% patah, serta pada pakan beras merah dengan proporsi 100% patah, 25% utuh dan 75% patah, 50% utuh dan 50% patah, 100% utuh, serta 75% utuh dan 25% patah masing-masing selama 48,31; 48,50; 51,00; 48,88; 48,90; 49,08; 51,63; dan 51,88 hari. Rerata lama siklus hidup lebih lambat (53,25 hari) pada proporsi pakan 100% beras hitam utuh (Tabel 11).



Berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa siklus hidup *T. castaneum* lebih lama pada perlakuan pakan dengan proporsi 100% butiran utuh dibandingkan dengan proporsi bentuk butiran yang lain. Menurut LeCato dan McCray (1973), larva *T. castaneum* yang memakan butiran utuh memiliki kemungkinan tidak akan menjadi imago. Hal tersebut karena adanya aktivitas mencari celah dan merusak pakan terlebih dahulu. Hasil uji korelasi menunjukkan adanya korelasi positif antara lama stadium larva dan siklus hidup *T. castaneum* ( $r = 0,841$ ,  $P = 0,01$ ). Menurut Fraenkel dan Blewett (1943), biji dengan butiran utuh tanpa adanya kerusakan menyebabkan sulitnya larva merusak berbagai jenis biji khususnya untuk hama sekunder *Tribolium*, *Oryzaephilus*, *Lasioderma*, *Sitodrepa*, dan *Ephestia*.

Kandungan nutrisi dan bentuk butiran pakan diduga akan berpengaruh pula pada perkembangan serangga tersebut. Kebutuhan nutrisi serangga dapat berubah-ubah sesuai dengan pertumbuhan, reproduksi, diapause dan migrasi. Serangga betina dewasa membutuhkan nutrisi terutama protein lebih tinggi dibandingkan jantan untuk produksi telur (Chapman, 2013). Nutrisi yang dibutuhkan serangga yaitu protein, karbohidrat, lipid, vitamin dan mineral, serta nutrisi-nutrisi tambahan (Cohen, 2015). Lemak merupakan salah satu nutrisi esensial pada pakan serangga yang terdiri dari asam lemak dan sterol. Lemak berperan dalam proses pergantian kulit (*molting*), sehingga mempengaruhi lama perkembangan larva (Xue, 2010; Cohen, 2015). Beberapa serangga seperti *Tribolium*, *Silvanus*, *Lasioderma*, *Ptinus*, *Sitodrepa* dan *Ephestia* tumbuh dengan baik pada pakan yang mengandung sterol. Tanpa adanya kolesterol, pertumbuhan serangga akan terhambat (Fraenkel dan Blewett, 1943; Giddi, 2013). Sterol dibutuhkan *T. castaneum* untuk perkembangan dan pertumbuhan yang normal. Hama *T. castaneum* yang diperbanyak pada pakan yang kekurangan kolesterol akan mengalami mortalitas yang tinggi (George, 1971). Sebaliknya, menurut Wong dan Lee (2011), lama perkembangan *T. castaneum* lebih panjang ketika dipelihara pada pakan dengan kandungan karbohidrat yang terlalu tinggi.

#### 4.2 Pembahasan Umum

Berdasarkan hasil penelitian pertumbuhan populasi dan perkembangan *T. castaneum* yang dilakukan menunjukkan hasil yang tidak sama. Rerata suhu



harian selama pelaksanaan penelitian sebesar 27,45°C dan RH 64,19% (Tabel Lampiran 13). Pada hasil penelitian pertumbuhan populasi, diketahui bahwa *T. castaneum* lebih banyak meletakkan telur pada beras putih dengan proporsi 100% butiran patah dibandingkan dengan proporsi yang lain, baik di beras putih, beras merah, maupun beras hitam. Peletakan telur tersebut dipengaruhi oleh faktor fisik butiran dan kandungan kimia pada pakan. Serangga *T. castaneum* lebih menyukai ukuran partikel butiran yang lebih kecil dan permukaan butiran yang halus. Kemampuan serangga menghasilkan telur lebih baik pada bentuk butiran tersebut, namun perkembangan serangga akan lebih lama pada bentuk permukaan butiran yang lebih halus (Dukic *et al.*, 2016). Selain itu, rendahnya senyawa fenolik pada beras putih sebesar 0,02% dibandingkan dengan beras merah dan hitam diduga dapat memengaruhi peletakan telur. Senyawa fenolik yang ada pada pakan beras merupakan salah satu jenis senyawa volatil yang berperan dalam mekanisme ketahanan antixenosis dan antibiosis pada pakan (Kayode *et al.*, 2014).

Berdasarkan hasil pengamatan jumlah pupa diketahui bahwa pada seluruh proporsi bentuk butiran pakan beras putih terjadi mortalitas larva dan kegagalan pupasi. Pada proporsi 100% beras putih utuh, mortalitas larva mencapai 100%. Hal tersebut diduga karena faktor fisik butiran serta kandungan karbohidrat yang terlalu tinggi pada pakan beras putih. Kandungan karbohidrat yang sangat tinggi pada pakan akan menghambat pertumbuhan dan perkembangan serangga *T. castaneum* (Wong dan Lee, 2011). Serangga pemakan butiran biji dan sereal umumnya membutuhkan sekitar 20% hingga 70% karbohidrat dari keseluruhan nutrisi pakan. Keseimbangan nutrisi pakan sangat memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan serangga. Kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan serangga termasuk asam amino, vitamin, garam mineral, karbohidrat, protein, dan lipid seharusnya dalam kondisi yang seimbang, khususnya perbandingan kandungan protein dan karbohidrat (Parra, 2012). Pada komposisi beras, kandungan protein, lipid, mineral, dan vitamin lebih tinggi pada bagian aleuron dan lembaga. Kandungan nutrisi tersebut akan berkurang ketika beras digiling dan hanya meninggalkan bagian endosperm (Juliano, 1993; Xue, 2010).

Pertumbuhan populasi serangga *T. castaneum* umumnya lebih tinggi dan sesuai pada pakan beras merah dan beras hitam dibandingkan dengan pakan beras putih. Hal tersebut diduga karena adanya bagian lembaga (*germ*) pada beras merah dan hitam butiran utuh. Larva maupun serangga dewasa *T. castaneum* lebih menyukai butiran yang memiliki bagian lembaga dibandingkan dengan bagian beras yang lain. Ketika larva disediakan pakan dengan perbandingan 1: 1: 1 campuran dari partikel kecil bagian lembaga, endosperm, aleuron, maka serangga tidak memakan secara acak bagian-bagian tersebut, namun memilih makan 81% bagian lembaga, 17% bagian endosperm, dan 2% bagian aleuron (Lazzari dan Lazzari, 2012).

Pengamatan perkembangan *T. castaneum* hanya dilakukan pada sepuluh perlakuan pakan beras merah dan beras hitam dari lima belas perlakuan yang ada. Hal tersebut dikarenakan terputusnya siklus serangga pada fase larva pada pakan beras putih. Pada pakan beras putih tidak terdapat imago baru yang dapat dipasangkan untuk digunakan pengamatan perkembangan serangga selanjutnya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada 10 perlakuan tersebut, lama siklus hidup *T. castaneum* umumnya lebih cepat pada pakan yang memiliki proporsi butiran patah yang lebih banyak, baik pada beras merah maupun pada beras hitam dibandingkan dengan proporsi butiran utuh. Siklus hidup lebih lama pada pakan beras hitam utuh dibandingkan dengan pakan beras merah utuh. Hal tersebut diduga karena kandungan protein yang lebih tinggi pada beras merah utuh sebesar 7,46% dibandingkan dengan beras hitam utuh sebesar 7,16% (Tabel Lampiran 11). Protein merupakan nutrisi yang penting untuk perkembangan, oviposisi, dan ketahanan hidup *T. castaneum*. Selama siklus hidupnya, *T. castaneum* membutuhkan protein dalam jumlah yang cukup (>12-13%) (Xue *et al.*, 2010; Wong dan Lee, 2011). Fungsi protein pada serangga ialah untuk pembentukan tubuh serangga seperti pembentukan otot, membran sel, enzim, dan hormon (Chapman 2013; Cohen, 2015).

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pertumbuhan populasi dan perkembangan *T. castaneum* pada beras putih, merah, dan hitam dalam berbagai proporsi butiran utuh dan patah dapat disimpulkan bahwa:

1. Pertumbuhan populasi *T. castaneum* lebih sesuai pada beras merah dan beras hitam dengan proporsi 100% butiran utuh, 75% butiran utuh dan 25% butiran patah, 50% butiran utuh dan 50% butiran patah, 75% butiran utuh dan 25% butiran patah, dan 100% butiran patah dibandingkan dengan pakan beras putih dengan proporsi 100% butiran utuh, 75% butiran utuh dan 25% butiran patah, 50% butiran utuh dan 50% butiran patah, 75% butiran utuh dan 25% butiran patah, dan 100% butiran patah.
2. Siklus hidup *T. castaneum* lebih cepat pada beras merah dan hitam dengan proporsi 50% butiran utuh dan 50% butiran patah, 75% butiran utuh dan 25% butiran patah, dan 100% butiran patah dibandingkan dengan pakan beras merah dan beras hitam dengan proporsi 100% butiran utuh serta 75% butiran utuh dan 25% butiran patah.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, penyimpanan beras lebih baik disimpan dalam bentuk butiran utuh dan menghindari penyimpanan beras dalam butiran patah. Penelitian lanjutan mengenai besar pengaruh asosiasi infestasi antara hama *T. castaneum* dengan hama penting penyimpanan yang lain juga perlu dilakukan seperti *Sitophilus oryzae*, *S. zeamais*, dan *Rhyzopertha dominica*, untuk dijadikan dasar rekomendasi pengendalian di gudang penyimpanan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F., G.H. Walter, S. Raghu. 2011. Comparative Performance of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) Across Populations, Resource Types and Structural Forms of Those Resources. J. Stored Product Research. 48: 73-80.
- Applebaum, S.W. 1966. Digestion Potato Starch by Larvae of The Flour Beetle, *Tribolium castaneum*. Faculty of Agriculture. The Hebrew University. Rehovot. p 235-239.
- Applebaum, S.W. dan Y. Lubin. 1967. The Comparative Effects of Vitamin Deficiency on Development and on Adult Fecundity of *Tribolium castaneum*. J. Ent. Exp. and Appl. 10: 23-30.
- Applebaum, S.W. 1969. The Suitability of Groundnuts for The Development of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae). J. Stored Products Research. 5(4): 305-310.
- Baldwin, R. dan T.R. Fasulo. 2016. Confused Flour Beetle, *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae) and Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). Department of Agriculture University of Florida. Florida. pp 5.
- Batubara, I., M. Maharni, dan S. Sadiyah. 2017. The Potency of White Rice (*Oryza sativa*), Black Rice (*Oryza sativa* L. *indica*), and Red Rice (*Oryza nivara*) as Antioxidant and Tyrosinase Inhibitor. J. Physic: Conf. Series 824 (2017) 012017.
- Bousquet, Y. 1990. Beetles Associated with Stored Products in Canada: An Identification Guide. Biosystematics Research Centre. Ottawa, Ontario, Canada. pp 214.
- Bhubaneshwari, M. dan N. Victoria. 2015. Biology of Rust-Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Biological Forum. 7(1): 12-15.
- Bulog. 2012. Hama Gudang dan Teknik Pengendaliannya. Perum Bulog. Jakarta. pp 75.
- Campolo, O., M. Verdone, F. Laudani, A. Malacrino, E. Chiera, dan V. Palmeri. 2013. Response of Four Stored Products Insects to A Structural Heat Treatment in A Flour Mill. J. Stored Products Research. 54: 54-58.
- Chapman, R.F. 2013. The Insect Structure and Function. Cambridge University Press. Cambridge. pp 929.

- Chukwulobe, M.N. dan B.C. Echezona. 2014. Responses of *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) to Coloured Polyethylene Films in Storage of Musa Chips. J. Agricultural Research. 2(2): 51-55.
- Cohen, A.C. 2015. Insect Diets Science and Technology 2nd Edition. CRC Press. Boca Raton. pp 439.
- Dukic, N., A. Radonjic, J. Levic, R. Spasic, P. Kljajic, dan G. Andric. 2016. The Effects of Population Densities and Diet on *Tribolium castaneum* (Herbst) Life Parameters. J. Stored Products Research. 69: 7-13.
- Fedina, T.Y. dan S.M. Lewis. 2007. Effect of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) Nutritional Environment, Sex, and Mating Status on Response to Commercial Pheromone Traps. J. Econ. Entomol. 100(6): 1924-1927.
- Fraenkel G. dan G.E. Printy. 1954. The Amino Acid Requirements of The Confused Flour Beetle, *Tribolium confusum*, Duval. Biological Bulletin. 106(2): 149-157.
- Fraenkel G. dan M. Blewett. 1943. The Sterol Requirements of Several Insect. Department of Zoology and Applied Entomology. London.
- George, C.R. 1971. The Effects of Malnutrition on Growth and Mortality of The Red Rust Flour Beetle *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) Parasitized by *Nosema whitei* (Microsporidia: Nosematidae). Journal of Invertebrate Pathology. 18: 383-388.
- Giddi, C.B. 2013. Nutritional and Environmental Requirements for The Survival and Development of The Legume Pod Borer/Cotton Bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner). Thesis. Agricultural College. Acharya N.G. Ranga Agricultural University.
- Hagstrum, D.W. dan B. Subramanyam. 2006. Fundamentals of Stored Product Entomology. AACC International. St. Paul, Minnesota. pp 323.
- Hagstrum, D.W. dan B. Subramanyam. 2009. Stored Product Insect Resource. AACC International. St. Paul, Minnesota. pp 509.
- Hamalainen, M.K. dan S.R. Loschiavo. 1977. Effect of Synthetic B-Vitamin and Natural Enrichment of Flour on Larval Development and Fecundity of *Tribolium confusum* and *T. castaneum*. J. Ent. Exp. And Appl. 21: 29-37.
- Heinrichs, E.A. 1994. Rice. p 1-12. Dalam Heinrichs, E.A. Biology and Management of Rice Insects. Wiley Eastern Limited; New Age International Limited. New Delhi. pp 779.



- Heinrichs, E.A. dan E.G. Medarno, dan H.R. Rapusas. 1985. Genetic Evaluation for Insect Resistance in Rice. International Rice Research Institute. Los Banos. pp 354.
- Hendrival, Latifah, D. Saputra, dan Orina. 2016. Kerentanan Jenis Tepung terhadap Infestasi Kumbang Tepung Merah (*Tribolium castaneum* Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Agrikultura. 27(3): 148-153.
- Hill, D.S. 2003. Pests of Stored Foodstuffs and Their Control. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. pp 476.
- Indriyani, F., Nurhidajah, dan A. Suyanto. Karakteristik Fisik, Kimia, dan Sifat Organoleptik Tepung Beras Merah Berdasarkan Variasi Lama Pengeringan. J. Pangan dan Gizi. 4(8): 27-34.
- Juliano, B.O. 1993. Rice in Human Nutrition. Food and Agriculture Organization (FAO) of The United Nations. Rome. pp 162.
- Kamara, J.S., S.M. Kanteh, S.M.B. Gevao, dan S. Jalloh. 2014. Infestation, Population Density and Sterilization Effects on Rice Weevils (*Sitophilus oryzae* L.) in Stored Milled Rice Grains in Sierra Leone. J. Agriculture and Forestry. 4(1): 19-23.
- Kayode, O.E., C.O. Adedire, dan R.O. Akinkurorele. 2014. Influence of Four Cereal Flours on The Growth of *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera; Tenebrionidae). J. Science. 16(3): 505-516.
- Koswara, S. 2009. Teknologi Pengolahan Beras (Teori dan Praktek). [related:tekpan.unimus.ac.id/wp-content/uploads/2013/07/Teknologi-Pengolahan-Beras-Teori-dan-Praktek.pdf](http://related.tekpan.unimus.ac.id/wp-content/uploads/2013/07/Teknologi-Pengolahan-Beras-Teori-dan-Praktek.pdf) pengolahan beras tepung.pdf (Diunduh pada tanggal 17 Desember 2017).
- Kumawat, K.C. dan B.L. Naga. 2013. Effect of Plant Oils on the Infestation of *Rhyzopertha dominica* (Fab.) in Wheat, *Triticum aestivum* Linn. J. Pl. Protect. Res. 53(3): 301-304.
- Lazzari, S.M.N dan F.A. Lazzari. 2012. Insect Pests in Stored Grain. p 417-443. Dalam Panizzi, A.R. dan J.R.P. Parra. Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management. CRC Press. New York. pp 704.
- LeCato G.L. dan T.L. McCray. 1973. Multiplication of *Oryzaephilus* spp. And *Tribolium* spp. on 20 Natural Product Diets. Journal of Environmental Entomology. 2(2): 176-179.
- Lis, L.B., T. Bakula, M. Baranowski, dan A. Czarnewicz. 2011. The Carcinogenic Effects of Benzoquinones Produced By The Flour Beetle. J. Veterinary Sciences. 14(1): 159-164.
- Luh, B.S. 1991. Rice Production, Volume 1, 2<sup>nd</sup> Edition. Sringer Science+Business Media. New York. pp 413.



- Mahroof, R.M. dan D.W. Hagstrum. 2012. Biology, Behavior, and Ecology of Insects in Processed Commodities. p 33-44. Dalam Hagstrum, D. W., T. W. Phillips dan G. Cuperus (Eds.). Stored Product Protection. Kansas State Research and Extension. Kansas. pp 350.
- Moko, E.M., H. Purnomo, J. Kusnadi, dan F.G. Ijong. 2014. Phytochemical Content and Antioxidant Properties of Colored and Non Colored Varieties of Rice Bran from Minahasa, North Sulawesi, Indonesia. J. International Food Research. 21(3): 1053-1059.
- Mulyani, M.E. dan Sukei. 2010. Analisis Proksimat Beras Merah (*Oryza sativa*) Varietas Slegreng dan Aek Sibundong. Prosiding Kimia-FMIPA ITS. Surabaya.
- Nelson, J.W. dan L.S. Palmer. 1935. The Phosphorus Content and Requirements of The Flour Beetle *Tribolium confusum* Duval, and a Study of Its Need for Vitamin D. Journal of Agriculture Research. 50(10): 849-852.
- Panuju, D.R., K. Mizuno, dan B.H. Trisasongko. 2013. The Dynamics of Rice Production in Indonesia 1961–2009. J. Saudi Society of Agricultural Sciences. 12: 27-37.
- Parra, J.R.P. 2012. The Evolution of Artificial Diets and Their Interactions in Science and Technology.p 52-86. Dalam Panizzi, A.R. dan J.R.P. Parra. Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management. CRC Press. New York. pp 704.
- Patton, R.L. 1963. Introductory Insect Physiology. W.B. Saunders Company. London. pp 245.
- Pires, E.M., E.Q. Souza, R.M. Nogueira, M.A. Soares, T.K.R. Dias, dan M.A. Oliveira. 2017. Damage Caused by *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) in Stored Brazil Nut. J. Sci. Elec. Arch. 10: 1-5.
- Prabowo, R.M. 2017. Preferensi Hama Pascapanen terhadap Berbagai Warna Cahaya. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang
- Ratnawati, M. Djaeni, dan D. Hartono. 2013. Perubahan Kualitas Beras Selama Penyimpanan. J. Pangan. 2(3): 199-208.
- Rees, D. 2004. Insects of Stored Products. CSIRO. Collingwood Victoria. pp 181.
- Rees, D. 2007. Insects of Stored Product Second Edition. CSIRO. Collingwood Victoria. pp 77.
- Romdon, A.S., E. Kurniyati, S. Bahri, dan J. Promono. 2014. Kumpulan Deskripsi Varietas Padi. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah. Semarang.

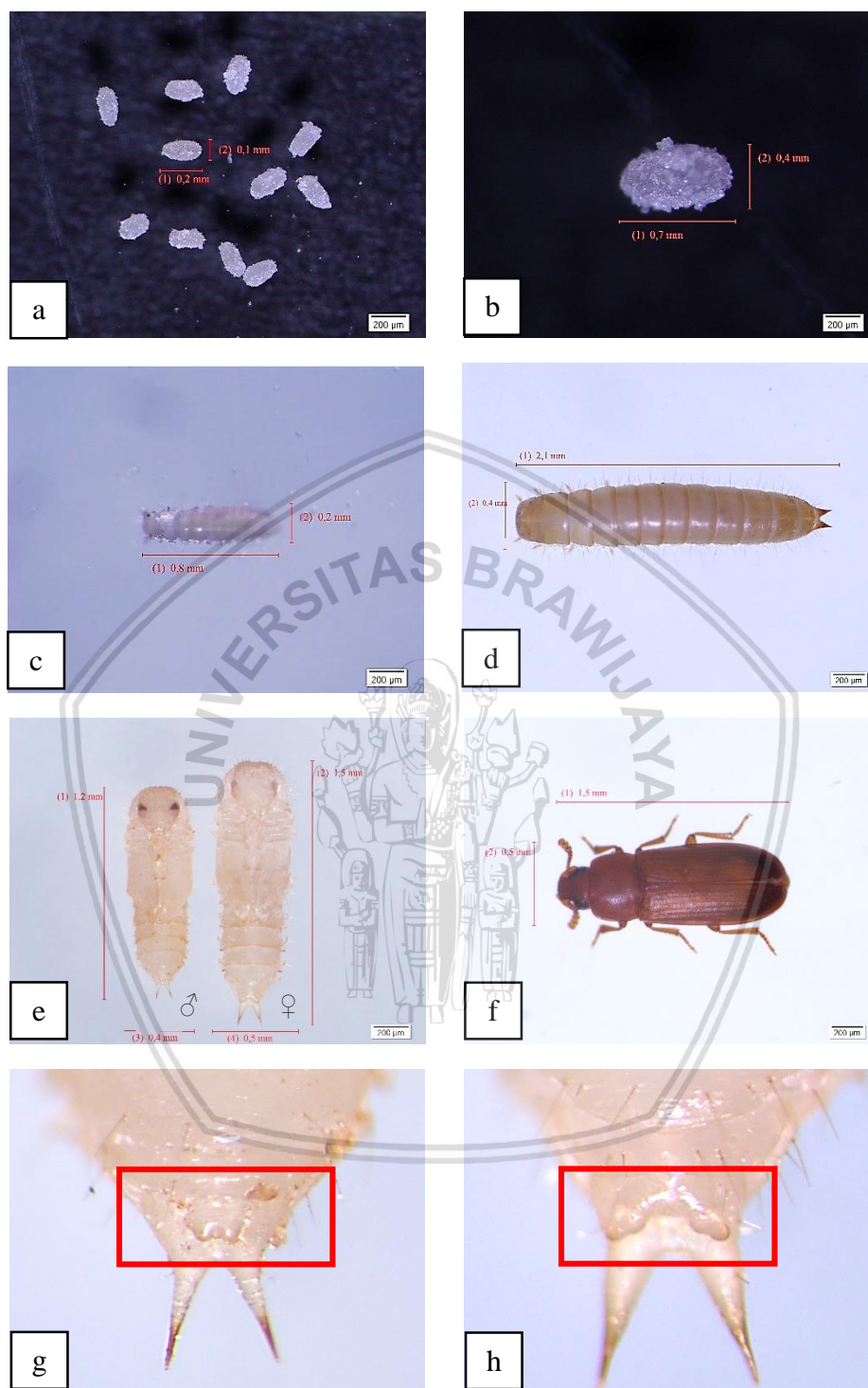
- Sadasivam, S. and B. Thayumanavan. 2003. Molecular Host Plant Resistance to Pests. Marcell Dekker, Inc. New York. pp 213.
- Shafique, M., M. Ahmad, M.A. Chaudry. 2006. Feeding Preference and Development of *Tribolium castaneum* (Herbst.) in Wheat Products. J. Zool. 38(1): 27-31.
- Sheribha, P.R.B., A.P. Jinham, S.S.M. Das, dan K.R. Jasmine. 2010. Management of *Tribolium castaneum* (Herbst) Based on Hue Response. J. Zool. 34: 367-375.
- Shukla, J.N. dan S.R. Palli. 2012. Sex Determination in Beetles: Production of All Male Progeny by Parental RNAi Knockdown of Transformer. *Scientific Reports*. 2: 602.
- Singh, S. dan S. Prakash. 2015. Cytogenetic Analysis of Red Rust Flour Beetle *Tribolium castaneum*, Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Scientific and Research Publications. 5(7): 1-13.
- Sjam, S. 2014. Hama Pascapanen dan Strategi Pengendaliannya. IPB Press. Bogor. pp 95.
- Sonleitner, F.J. dan P.J. Guthrie. 1991. Factors Affecting Oviposition Rate in The Flour Beetle *Tribolium castaneum* and The Origin of The Population Regulation Mechanism. J. Res. Popul. Ecol. 33: 1-11.
- Sompong, R., S. Siebenhandl-Ehn, G. Linsberger-Martin, dan E. Berghofer. 2011. Physicochemical and Antioxidative Properties of Red and Black Rice Varieties from Thailand, China and Sri Lanka. J. Food Chemistry. 124: 132-140.
- Sreeramoju, P., M.S.K. Prasad, dan V. Lakshmipathi. 2016. Complete Study of Life Cycle of *Tribolium castaneum* and Its Weight Variations in the Developing Stages. Int. J. Plant, Animal Environ. Sci. 6(2): 95-100.
- Subramanyam, B. dan D.W. Hagstrum. 1993. Predicting Development Times of Six Stored Product Moth Species (Lepidoptera: Pyralidae) In Relation to Temperature, Relative Humadity, and Diet. J. Entomol. 90: 51-64.
- Triplehorn, C. A. dan N. F. Johnson. 2005. Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects Seventh Edition. Thomson Brooks/Cole. Belmont, California. pp 864.
- Turaki, J.M., B.M. Sastawa, B.G.J. Kabir, dan N.E.S. Lale. 2007. Susceptibility of Flours Derived from Various Cereal Grains to Infestation by The Rust-Red Flour Beetle (*Tribolium castaneum* Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) In Different Seasons. J. Plant Protection Research. 47(3): 279-288.

- Unruha, L.M., R. Xub, dan K.J. Kramerc. Benzoquinone Levels as a Function of Age and Gender of The Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum*. *J. Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 28(12): 969-977.
- Verma, D.K dan P.P. Srivastav. 2017. Proximate Composition, Mineral Content and Fatty Acids Analyses of Aromatic and Non-Aromatic Indian Rice. *J. Rice Science*. 24(1): 21-31.
- Wadsworth, J.I. 1991. Milling. p 347-388. Dalam Luh, B. S. (Ed.). *Rice Production Volume I 2nd Edition*. Springer Science Business Media. New York. pp 413.
- Wagiman, F.X. 2014. Hama Pascapanen dan Pengelolaannya. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. pp 202.
- White, R.E. 1998. Beetles. The Peterson Field Guide Series. Mexico. pp 142.
- Wibowo, P., S.D. Indrasari, dan Jumali. 2009. Identifikasi Karakteristik dan Mutu Beras di Jawa Barat. *J. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 28(1): 43-49.
- Wilbur, D.A. 1971. Stored Grain Insects. p 495-522. Dalam Pfadt, R.E. (Ed.). *Fundamentals of Applied Entomology 2nd Edition*. Macmillan Publishing. New York. pp 693.
- Wong, N. dan C.Y. Lee. 2011. Relationship Between Population Growth of the Red Flour Beetle *Tribolium castaneum* and Protein and Carbohydrate Content in Flour and Starch. *Journal of Economic Entomology* 104(6): 2087-2094.
- Worthington, R.E. dan Payne J.A. 2016. Lipid Characterization of Four Stored-Product Insects. *J. Entomological Society of America*. 67(4): 535-538.
- Wulansari, T. 2018. Preferensi, Pertumbuhan Populasi dan Perkembangan *Tribolium castaneum* Herbst. (Coleoptera: Tenebrionidae) pada Berbagai Jenis Tepung Gandum. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Xue, M., B. Subramanyam, Y.C. Shi, J. Campbell, dan M. Hartzler. 2010. Development, Relative Retention, and Fecundity of *Tribolium Castaneum* (Herbst) on Different Starches. 10th International Working Conference on Stored Product Protection. p 207-211.
- Xue, M. 2010. Development, Relative Retention, and Oviposition of The Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst), on Different Starches. Thesis. Department of Grain Science and Industry College of Agriculture. Kansas State University. Manhattan, Kansas. pp 57.





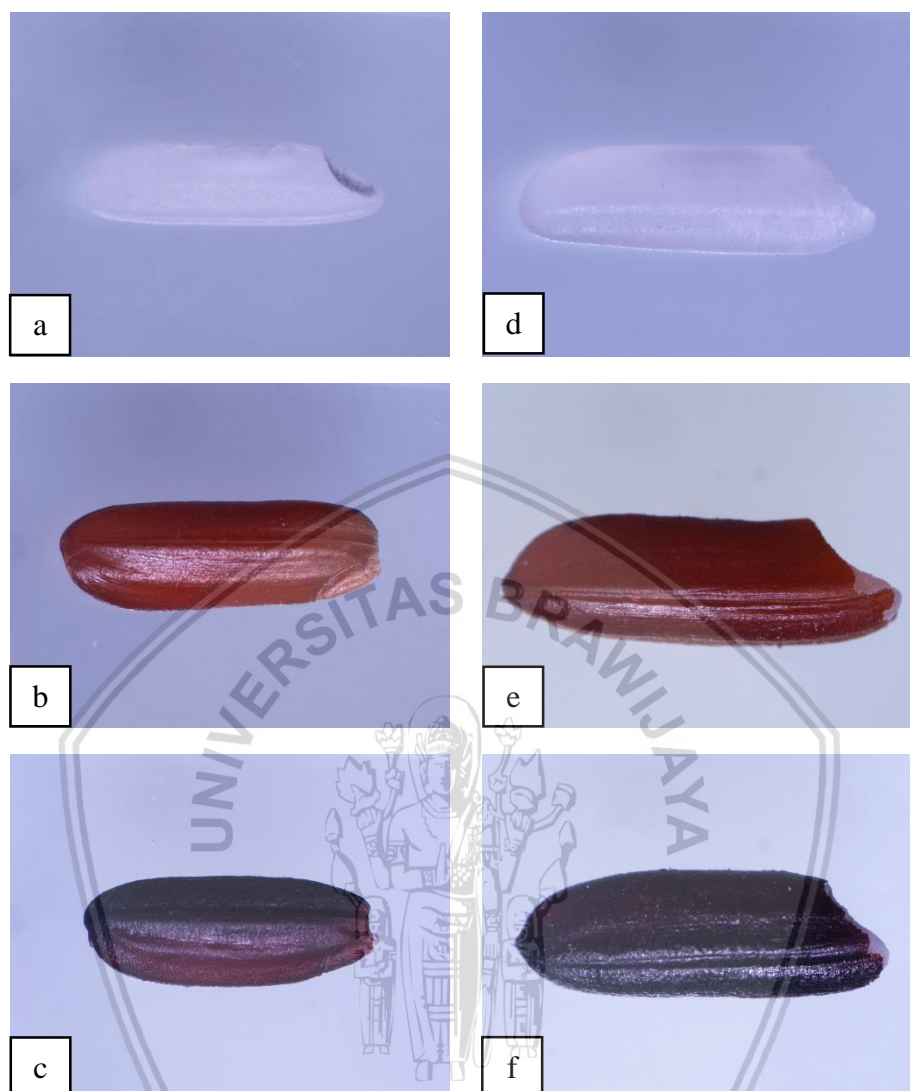




Gambar Lampiran 1. Serangga *T. castaneum*, (a) Populasi Telur, (b) Sebutir Telur, (c) Larva Instar Pertama, (d) Larva Instar Akhir (e) Pupa, (f) Imago, Perbedaan Genitalia Pupa *T. castaneum*, (g) Jantan (h) Betina



Gambar Lampiran 2. Pakan yang Digunakan dalam Penelitian, (a) Beras Putih Utuh, (b) Beras Putih Patah, (c) Beras Merah Utuh, (d) Beras Merah Patah, (e) Beras Hitam Utuh, (f) Beras Hitam Patah



Gambar Lampiran 3. Butiran Beras Utuh yang Digunakan dalam Penelitian, (a) Beras Putih, (b) Beras Merah, (c) Beras Hitam, Butiran beras yang Rusak Akibat Serangan *T. castaneum*, (d) Beras Putih, (e) Beras Merah, (f) Beras Hitam

Tabel Lampiran 1. Analisis Ragam Mortalitas Imago Infestasi pada Berbagai Pakan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%	F tabel 1%
Perlakuan	2,12	14	0,15	0,62	1,92	2,51
Galat	10,98	45	0,24			
Total	13,10	59	0,22			

Koefisien Keragaman: 40,26%



Tabel Lampiran 2. Analisis Ragam Jumlah Telur *T. castaneum* pada Berbagai Pakan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%	F tabel 1%
Perlakuan	1,47	14	0,10	14,54**	1,92	2,51
Galat	0,32	45	0,01			
Total	1,79	59	0,03			

Koefisien Keragaman: 3,78%

Tabel Lampiran 3. Analisis Ragam Jumlah Larva *T. castaneum* pada Berbagai Pakan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%	F tabel 1%
Perlakuan	0,56	14	0,04	2,61**	1,92	2,51
Galat	0,69	45	0,01			
Total	1,25	59	0,02			

Koefisien Keragaman: 5,89%

Tabel Lampiran 4. Analisis Ragam Jumlah Pupa *T. castaneum* pada Berbagai Pakan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%	F tabel 1%
Perlakuan	42,75	14	3,05	88,67**	1,92	2,51
Galat	1,55	45	0,03			
Total	44,30	59	0,75			

Koefisien Keragaman: 13,49%

Tabel Lampiran 5. Analisis Ragam Jumlah Imago Baru *T. castaneum* pada Berbagai Pakan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%	F tabel 1%
Perlakuan	32,26	13	2,48	50,99**	1,96	2,59
Galat	2,04	42	0,05			
Total	34,31	55	0,62			

Koefisien Keragaman: 15,72%

Tabel Lampiran 6. Analisis Ragam Lama Stadium Telur *T. castaneum* pada Berbagai Pakan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	5,15	9	0,57	2,41*	2,21
Galat	7,12	30	0,24		
Total	12,27	39	0,31		

Koefisien Keragaman: 10,72%

Tabel Lampiran 7. Analisis Ragam Lama Stadium Larva *T. castaneum* pada Berbagai Pakan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	0,01	9	0,001	1,60	2,21
Galat	0,02	30	0,001		
Total	0,03	39	0,001		

Koefisien Keragaman: 1,63%

Tabel Lampiran 8. Analisis Ragam Lama Stadium Pupa *T. castaneum* pada Berbagai Pakan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	0,06	9	0,007	2,61*	2,21
Galat	0,08	30	0,003		
Total	0,14	39	0,004		

Koefisien Keragaman: 6,37%

Tabel Lampiran 9. Analisis Ragam Lama Praoviposisi *T. castaneum* pada Berbagai Pakan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%	F tabel 1%
Perlakuan	0,03	9	0,003	3,90**	2,21	3,07
Galat	0,02	30	0,001			
Total	0,05	39	0,001			

Koefisien Keragaman: 2,94%



Tabel Lampiran 10. Analisis Ragam Lama Siklus Hidup *T. castaneum* pada Berbagai Pakan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Perlakuan	0,01	9	0,0009	2,25*	2,21
Galat	0,01	30	0,0004		
Total	0,02	39	0,0005		

Koefisien Keragaman: 1,21%

Tabel Lampiran 11. Hasil Analisis Proksimat Pakan (Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, 2018)

Pakan	Proksimat Pakan (%)				
	Protein	Lemak	Air	Abu	Karbohidrat
100% beras putih utuh	7,21	0,41	12,10	0,35	79,93
100% beras putih patah	6,68	2,37	12,26	0,32	78,37
100% beras merah utuh	7,48	2,10	12,73	1,24	76,45
100% beras merah patah	7,40	2,12	12,60	1,25	76,63
100% beras hitam utuh	7,16	2,50	12,80	1,44	76,10
100% beras hitam patah	6,86	2,03	13,21	1,42	76,48

Tabel Lampiran 12. Rerata Hasil Analisis Fenolik Pakan (Laboratorium Teknologi Pangan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, 2018)

Pakan	Total Fenolik (%)		Rerata (%)
	Ulangan 1	Ulangan 2	
100% beras putih utuh	0,02	0,02	0,02
100% beras putih patah	0,02	0,02	0,02
100% beras merah utuh	0,05	0,05	0,05
100% beras merah patah	0,28	0,22	0,25
100% beras hitam utuh	0,23	0,23	0,23
100% beras hitam patah	0,22	0,22	0,22

Tabel Lampiran 13. Suhu dan Kelembapan Nisbi Harian di Laboratorium Hama Tumbuhan pada Tanggal 12 Februari-25 Juni 2017

Tanggal	Suhu (°C)/RH (%)			Rerata Harian (°C)/(%)
	06.00	12.00	18.00	
12 Februari 2018	26,50/71	27,40/67	27,10/68	27,00/69,00
13 Februari 2018	26,80/70	27,10/70	27,10/69	27,00/70,00
14 Februari 2018	26,80/71	27,40/72	28,00/67	27,30/70,00
15 Februari 2018	26,80/70	27,40/70	26,80/75	26,90/71,00
16 Februari 2018	26,50/70	27,10/66	26,80/75	26,70/70,00
17 Februari 2018	26,20/70	27,40/65	26,60/70	26,70/69,00
18 Februari 2018	26,50/71	27,10/66	27,10/69	26,90/69,00
19 Februari 2018	26,80/70	27,70/66	26,80/71	27,00/69,00
20 Februari 2018	26,80/70	27,40/66	26,80/70	27,00/69,00
21 Februari 2018	26,80/71	27,10/65	27,20/69	27,00/69,00
22 Februari 2018	26,80/71	27,10/65	27,40/70	27,10/69,00
23 Februari 2018	27,10/70	28,00/64	27,10/67	27,30/68,00
24 Februari 2018	26,80/70	26,80/74	25,90/75	26,40/74,00
25 Februari 2018	25,90/78	26,80/70	25,40/75	26,10/73,00
26 Februari 2018	26,20/70	26,80/62	27,10/63	26,70/64,00
27 Februari 2018	26,50/61	27,10/58	27,60/63	26,90/61,00
28 Februari 2018	26,50/63	27,40/60	27,70/63	27,10/63,00
1 Maret 2018	26,80/67	28,00/66	27,10/74	27,18/69,25
2 Maret 2018	26,80/70	27,40/71	27,10/71	27,03/71,25
3 Maret 2018	26,80/73	27,10/75	27,10/71	27,03/72,50
4 Maret 2018	27,10/71	27,40/75	26,80/77	26,95/74,00
5 Maret 2018	26,50/73	28,00/70	26,80/75	26,88/72,00
6 Maret 2018	26,20/70	28,00/66	27,40/72	27,18/69,75
7 Maret 2018	27,10/71	28,00/70	27,10/75	27,33/71,50
8 Maret 2018	27,10/70	27,40/75	27,40/74	27,15/72,25
9 Maret 2018	26,70/70	27,40/67	27,00/72	26,90/69,75
10 Maret 2018	26,50/70	27,10/65	26,50/75	26,60/70,00
11 Maret 2018	26,20/70	27,10/70	26,80/76	26,70/72,80
12 Maret 2018	26,80/75	26,80/69	27,10/70	26,90/72,00
13 Maret 2018	26,80/74	27,10/63	27,10/70	26,80/70,00
14 Maret 2018	26,20/73	26,80/61	27,00/70	26,70/69,00
15 Maret 2018	26,80/72	27,40/64	28,00/64	27,30/66,80
16 Maret 2018	27,10/67	28,00/59	27,00/70	27,30/66,50
17 Maret 2018	27,00/70	25,90/75	26,50/75	26,60/72,50
18 Maret 2018	27,00/70	27,10/65	27,40/70	26,90/68,50
19 Maret 2018	26,20/69	27,40/67	27,70/71	27,00/67,00
20 Maret 2018	26,80/68	27,70/60	28,00/59	27,40/67,00

(Berlanjut)

Tabel Lampiran 13. Lanjutan

Tanggal	Suhu (°C)/RH (%)			Rerata Harian (°C)/(%)
	06.00	12.00	18.00	
21 Maret 2018	27,10/68	28,30/64	28,90/61	27,90/63,30
22 Maret 2018	27,40/60	27,40/66	26,50/72	27,00/66,50
23 Maret 2018	26,80/68	27,60/67	26,80/73	26,90/69,50
24 Maret 2018	26,20/70	27,10/66	27,40/69	27,00/68,80
25 Maret 2018	27,10/70	26,80/70	26,80/65	26,90/68,80
26 Maret 2018	26,80/70	27,40/63	26,80/70	27,00/68,30
27 Maret 2018	26,80/70	27,10/65	26,80/69	26,80/67,00
28 Maret 2018	26,50/64	27,70/64	27,70/65	27,30/63,30
29 Maret 2018	27,10/60	28,00/58	28,30/64	27,70/62,00
30 Maret 2018	27,40/66	27,70/62	27,40/70	27,40/67,00
31 Maret 2018	27,10/70	27,70/68	26,80/70	27,20/68,30
01 April 2018	27,10/65	27,70/65	27,70/72	27,32/66,75
02 April 2018	26,80/65	27,70/64	27,10/73	27,10/68,00
03 April 2018	26,80/70	27,40/70	28,00/67	27,32/68,25
04 April 2018	27,10/66	28,00/62	28,30/79	27,62/68,75
05 April 2018	27,10/68	28,30/64	28,00/71	27,62/67,25
06 April 2018	27,10/66	28,00/62	28,30/69	27,62/65,50
07 April 2018	27,10/65	28,30/60	29,00/70	27,95/65,00
08 April 2018	27,40/65	28,30/59	30,00/69	28,20/65,00
09 April 2018	27,10/67	28,60/54	28,50/54	27,97/59,00
10 April 2018	27,70/61	28,90/59	29,20/52	28,45/59,00
11 April 2018	28,00/64	28,90/62	29,20/54	28,52/59,75
12 April 2018	28,00/59	29,50/57	29,50/56	28,90/59,25
13 April 2018	28,60/65	28,90/62	28,90/66	28,67/64,25
14 April 2018	28,30/64	28,90/56	29,20/63	28,67/61,75
15 April 2018	28,30/64	28,90/58	29,00/63	28,77/62,25
16 April 2018	28,90/64	29,20/60	28,90/67	28,97/63,25
17 April 2018	28,90/62	28,00/73	28,70/66	28,62/66,25
18 April 2018	28,90/64	28,90/62	28,90/61	28,67/62,00
19 April 2018	28,00/61	28,90/60	28,90/63	28,45/61,75
20 April 2018	28,00/63	29,20/63	28,90/66	28,60/64,00
21 April 2018	28,30/64	28,90/64	27,40/71	28,15/65,75
22 April 2018	28,00/64	28,00/68	27,30/70	27,75/68,00
23 April 2018	27,70/70	28,90/58	28,90/60	28,37/63,25
24 April 2018	28,00/65	28,90/64	28,90/69	28,45/65,50
25 April 2018	28,00/64	28,90/59	28,90/59	28,45/60,50
26 April 2018	28,00/60	28,90/59	28,90/59	28,30/58,25
27 April 2018	27,40/55	28,00/68	28,90/59	27,92/59,25
28 April 2018	27,40/55	28,30/69	28,90/59	27,70/58,20

(Berlanjut)

Tabel Lampiran 13. Lanjutan

Tanggal	Suhu (°C)/RH (%)			Rerata Harian (°C)/(%)
	06.00	12.00	18.00	
29 April 2018	26,20/51	28,00/49	28,30/69	27,40/55,75
30 April 2018	27,10/54	28,00/47	28,60/49	27,77/51,25
01 Mei 2018	27,40/55	27,70/47	27,70/51	27,47/50,75
02 Mei 2018	27,10/50	28,00/39	27,70/51	27,47/48,75
03 Mei 2018	27,10/55	27,10/50	28,30/69	27,32/57,25
04 Mei 2018	26,80/55	27,10/48	27,70/51	27,10/53,00
05 Mei 2018	26,80/58	28,90/49	28,90/52	28,00/53,50
06 Mei 2018	27,40/55	28,90/49	28,90/55	28,07/54,50
07 Mei 2018	27,10/59	28,00/56	28,90/59	27,85/59,00
08 Mei 2018	27,40/62	28,80/57	28,30/58	27,90/58,25
09 Mei 2018	27,10/56	28,00/54	28,30/59	27,62/57,25
10 Mei 2018	27,10/60	28,30/52	28,90/49	27,85/53,25
11 Mei 2018	27,10/52	28,60/53	28,60/53	27,95/54,00
12 Mei 2018	27,50/58	27,70/70	28,00/58	27,70/59,00
13 Mei 2018	27,40/58	28,00/54	28,00/59	27,70/59,00
14 Mei 2018	27,40/65	28,90/54	28,90/62	28,30/61,25
15 Mei 2018	28,00/64	28,30/65	28,30/65	28,15/65,00
16 Mei 2018	28,00/66	28,90/60	28,30/69	28,30/64,75
17 Mei 2018	28,00/64	28,00/64	28,00/64	27,78/64,25
18 Mei 2018	27,10/65	27,70/65	27,70/65	27,48/64,75
19 Mei 2018	27,40/64	28,30/56	28,00/54	27,78/59,50
20 Mei 2018	27,40/64	28,30/59	27,70/66	27,63/63,00
21 Mei 2018	27,10/63	28,60/58	28,00/64	28,00/61,00
22 Mei 2018	28,30/59	29,20/58	29,50/56	28,68/59,50
23 Mei 2018	27,70/65	29,20/53	29,50/54	28,53/60,00
24 Mei 2018	27,70/68	28,00/64	29,20/57	28,18/64,00
25 Mei 2018	27,80/67	28,90/60	29,20/57	28,40/63,50
26 Mei 2018	27,70/70	27,70/70	29,20/50	27,85/63,75
27 Mei 2018	26,80/65	16,80/65	27,10/67	24,23/65,50
28 Mei 2018	26,20/65	27,70/65	27,10/65	26,88/65,00
29 Mei 2018	26,50/65	26,80/65	26,80/60	85,58/63,00
30 Mei 2018	26,20/65	27,70/54	27,10/65	85,88/65,00
31 Mei 2018	26,50/65	26,80/50	27,10/56	26,73/57,25
1 Juni 2018	26,50/64	26,80/60	27,70/55	26,80/56,00
2 Juni 2018	26,50/54	27,40/50	27,70/61	27,25/61,75
3 Juni 2018	27,70/61	26,80/59	27,70/55	27,48/56,75
4 Juni 2018	27,70/61	28,00/57	28,00/63	27,93/60,50
5 Juni 2018	28,00/59	28,60/64	29,20/57	28,38/59,50
6 Juni 2018	27,70/65	28,00/49	29,20/57	28,45/59,50

(Berlanjut)

Tabel Lampiran 13. Lanjutan

Tanggal	Suhu (°C)/RH (%)			Rerata Harian (°C)/(%)
	06.00	12.00	18.00	
7 Juni 2018	28,90/52	28,90/49	29,50/53	28,68/54,75
8 Juni 2018	27,30/65	28,90/57	28,50/54	28,13/57,00
9 Juni 2018	27,70/60	27,70/49	28,00/59	27,70/60,25
10 Juni 2018	27,40/65	28,90/67	28,50/54	27,98/58,25
11 Juni 2018	27,10/65	26,80/67	27,80/60	27,05/65,25
12 Juni 2018	26,50/69	26,80/67	26,80/67	26,65/65,75
13 Juni 2018	26,50/60	26,80/67	27,80/60	26,90/61,25
14 Juni 2018	26,50/58	26,80/67	27,80/60	27,10/58,50
15 Juni 2018	27,10/65	26,80/52	28,00/59	27,05/65,25
16 Juni 2018	26,50/69	26,80/67	27,80/60	26,95/65,75
17 Juni 2018	27,70/60	26,80/67	26,80/67	27,48/59,00
18 Juni 2018	26,50/60	27,70/57	28,00/59	26,90/61,75
19 Juni 2018	26,50/60	26,80/67	27,80/60	26,93/60,00
20 Juni 2018	26,50/60	27,00/60	27,70/60	26,50/67,75
21 Juni 2018	26,50/69	26,80/70	26,20/72	26,43/69,75
22 Juni 2018	26,20/70	26,50/70	26,50/70	26,20/70,25
23 Juni 2018	26,20/70	26,20/71	26,20/70	26,20/69,25
24 Juni 2018	26,20/70	26,20/67	26,20/70	26,35/65,75
25 Juni 2018	26,20/66	26,50/67	26,50/60	26,28/67,00
26 Juni 2018	25,90/65			
Rerata Suhu / RH Harian				27,45/64,19